

บทคัดย่อ

โปรตีนกาวไหมเป็นวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรซึ่งจากการศึกษาพบว่า โปรตีนกาวไหมที่ได้จากไหมสายพันธุ์จุด 1/1 ซึ่งมีรังไหมสีขาว เมื่อนำมาสกัดด้วยความร้อนภายใต้ความดัน จะทำให้ได้โปรตีนกาวไหมที่มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนได้ดี เนื่องจากโปรตีนกาวไหมสามารถเกิดเป็นเจลได้ที่มีความเข้มข้นสูง ดังนั้นจึงสามารถนำมาทำเป็นแผ่นฟิล์มได้ แต่อย่างไรก็ดี โปรตีนกาวไหมเพียงชนิดเดียวเมื่อนำมาทำเป็นแผ่นฟิล์มจะมีลักษณะเปราะ ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ แต่เมื่อนำมาผสมร่วมกับโพลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ เช่น polyvinyl alcohol จะให้แผ่นฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นดี และมีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม นอกจากนี้หากมีการใส่สารกลุ่ม plasticizer เช่น glycerin รวมด้วยก็จะทำให้มีคุณสมบัติดียิ่งขึ้น โดยอัตราส่วนของโปรตีนกาวไหม:polyvinyl alcohol:glycerin ที่เหมาะสมคือ 3:2:1 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีความคงตัว ยืดหยุ่นดี สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ต่อไปได้ แต่เนื่องจากแผ่นฟิล์มส่วนใหญ่ที่นำมาใช้เป็นแผ่นปิดบาดแผล นอกจากจะมีความคงตัวและยืดหยุ่นได้ดีแล้ว ยังต้องมีคุณสมบัติที่คงตัวเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือของเหลวที่หลั่งออกมาจากบาดแผล อีกทั้งยังต้องทนต่อการย่อยสลายของเอนไซม์จากบาดแผล ด้วยเหตุนี้ แผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมที่พัฒนาขึ้นยังต้องผ่านกระบวนการเชื่อมโยงข้าม (cross-linking) เพื่อให้ทนต่อสภาวะดังที่กล่าวมาแล้วได้

กระบวนการเชื่อมโยงข้ามสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ กระบวนการเชื่อมโยงข้ามด้วยกายภาพ อันได้แก่ การใช้ความร้อน การใช้ความร้อนภายใต้ความดัน การใช้รังสียูวี การใช้รังสีแกมมา เป็นต้น หรือ กระบวนการเชื่อมโยงข้ามทางเคมีได้แก่การใช้สารเคมีเช่น glutaraldehyde หรือ genipin เมื่อทดสอบกระบวนการเชื่อมโยงข้ามทางกายภาพกับแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมพบว่า กระบวนการเชื่อมโยงข้ามทางกายภาพไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่แผ่นฟิล์ม เช่น ไม่ก่อให้เกิดครุพูน แต่การเชื่อมโยงข้ามแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมด้วยรังสียูวีหรือรังสีแกมมาทำให้แผ่นมีความขรุขระมากขึ้น แต่กระบวนการเชื่อมโยงข้ามทางกายภาพยังไม่สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากค่า contact angle และค่า surface density ที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก ด้วยเหตุนี้จึงมีการทดสอบกระบวนการเชื่อมโยงข้ามทางเคมี โดยสารเคมีที่เลือกใช้ได้แก่ genipin ซึ่งเป็นสารสกัดจากดอกพุดที่มีความเป็นพิษน้อยกว่า glutaraldehyde ถึง 10,000 เท่า

เมื่อนำสาร genipin ในความเข้มข้น 0.01, 0.025, 0.05 และ 0.1% มาผสมในแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมพบว่า แผ่นโปรตีนกาวไหมมีสีที่เข้มขึ้นส่งผลให้การแพร่ผ่านของแสงลดลงและมีร้อยละของการเชื่อมโยงข้าม (% cross-linking) ที่เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสาร genipin ที่ใส่เข้าไป อย่างไรก็ตาม genipin ไม่ทำให้ค่า surface density และ contact angle ของแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด ในขณะเดียวกัน สาร

genipin กลับทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงและร้อยละของการยืดตัว ณ จุดขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ genipin ความเข้มข้นสูง ๆ นอกจากนี้ genipin ยังทำให้ค่าการพองตัว (swelling) ของแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมลดลงแต่ยังสามารถดูดความชื้นและพองตัวได้ไม่ต่ำกว่า 3 เท่าของน้ำหนักซึ่งเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์โดยเฉพาะสำหรับบาดแผลที่มีสารคัดหลั่งมาก

คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของแผ่นฟิล์มจากโปรตีนกาวไหมคือคุณสมบัติในการปลดปล่อยโปรตีนกาวไหมออกจากแผ่นฟิล์ม ซึ่งโปรตีนกาวไหมที่ถูกปลดปล่อยออกมา จะสามารถกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งต่อการหายของบาดแผล พบว่า แผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมที่ผ่านกระบวนการเชื่อมโยงข้ามด้วย genipin ในความเข้มข้นสูง (ร้อยละ 0.1) สามารถปลดปล่อยโปรตีนกาวไหมออกมาได้ต่ำที่สุด แต่สามารถทำให้การปลดปล่อยออกมาในลักษณะเนิ่นนานได้ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการ อีกทั้งยังถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ต่ำที่สุด เมื่อนำมาทดสอบกับเซลล์ผิวหนังพบว่า แผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมที่ผ่านกระบวนการเชื่อมโยงข้ามด้วย genipin ในความเข้มข้นสูง ๆ จะเพิ่มการยึดเกาะของเซลล์ทำให้เซลล์มีการเจริญเติบโตที่ดี เซลล์สามารถสร้างสาร nitric oxide ซึ่งเป็นสารที่กระตุ้นการสร้างโปรตีนของเซลล์ รวมถึงสามารถสร้างคอลลาเจนได้สูงสุดเมื่อเทียบกับแผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมที่ผ่านกระบวนการเชื่อมโยงข้ามด้วย genipin ในความเข้มข้นต่ำ ๆ ด้วยเหตุนี้จึงอาจกล่าวได้ว่า แผ่นฟิล์มโปรตีนกาวไหมที่มีองค์ประกอบของโปรตีนกาวไหม:polyvinyl alcohol:glycerin ในอัตราส่วน 3:2:1 และ genipin ในความเข้มข้น 0.1% มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ทางการแพทย์เพื่อกระตุ้นการซ่อมแซมและเจริญเติบโตของเซลล์ที่มีบาดแผลต่อไป

คำสำคัญ: โปรตีนกาวไหม, ฟิล์ม, กระบวนการเชื่อมโยงข้าม

Abstract

Silk sericin, a degumming protein, is considered as waste product in textile manufacturing. Silk sericin extracted by high pressure, high temperature degumming technique from Chul 1/1 strain, a white cocoon shell, exhibits the highest collagen promotion activity. Since silk sericin forms gel easily at high concentration, it can form a film for further applications. However, silk sericin itself forms fragile material which is not suitable for medical uses. Mixing silk sericin with other polymers such as polyvinyl alcohol generates flexible film with good physical properties. Plasticizer such as glycerin also can improve the properties of silk sericin film. The optimum ratio for making a stable and flexible film is silk sericin : polyvinyl alcohol : glycerin at 3:2:1 by weight of each component. Besides the stability and flexibility of film, it also needs to be stable after contact with pus from wounds and resistant to enzyme degradation. Cross-linking process will help improving these properties.

Cross-linking process can be divided into 2 groups which are physical cross-linking by heat, heat under vacuum, UV irradiation, gamma irradiation and chemical cross-linking by using glutaraldehyde or genipin. Physical cross-linking processes do not damage silk sericin film but UV as well as gamma irradiation made rough films. However, all physical cross-linking process cannot improve the silk sericin film effectively which indicated by significantly unchanged in contact angle and surface density value. Due to these results, chemical cross-linking has been further explored by using genipin which is an extract from *Gardenia jasminoides* and 10,000 times less toxic than glutaraldehyde.

Adding genipin at concentrations 0.01, 0.025, 0.05 and 0.1% into silk sericin film makes the darker color films and less light transmission as well as increase the degree of cross-linking. However, genipin does not change the surface density and contact angle of the film. At the same time, cross-linking by genipin increases the tensile strength and percent elongation of the film but decreases the swelling property. Nevertheless, sericin film after cross-linking with genipin can still absorb humidity and performs good swelling property, at least 3 times of its weight which is suitable for high secretion wounds.

The main property of silk sericin film is to be able to release sericin which can activate collagen production from cells while maintain its stability. The result shows that silk sericin film composed of genipin at high concentration (0.1% w/v) can release the lowest amount of silk sericin in sustained-release manner compared with genipin at lower concentrations. After testing the film with fibroblast cells, silk sericin film

containing high concentration of genipin increases cell viability and promotes cell adhesion resulting in higher amount of nitric oxide and collagen produced from cells. We can conclude that silk sericin film containing sericin:polyvinyl alcohol:glycerin at the ratio of 3:2:1 with genipin at 0.1% w/v can promote the wound healing process and activate cell growth which is suitable for medical applications.

Abstract: Sericin, film, cross-linking