PREPARATION OF BACTERIAL CELLULOSE IMPREGNATED WITH SILVER NANOPARTICLES AS AN ANTIMICROBIAL WOUND DRESSING

Thawatchai Maneerung

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2007

Thesis Title:	Preparation of Bacterial Cellulose Impregnated with Silver Nanoparticles as an Antimicrobial Wound Dressing
By:	Thawatchai Maneerung
Program:	Polymer Science
Thesis Advisors:	Assist. Prof. Ratana Rujiravanit
	Prof. Seiichi Tokura

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Director

(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

.....

(Assist. Prof. Ratana Rujiravanit)

.....

(Prof. Seiichi Tokura)

.....

(Assoc.Prof. Prasit Pavasant)

.....

(Assist. Prof. Neeracha Sanchavanakit)

ABSTRACT

4872023063: Polymer Science Program
Thawatchai Maneerung: Preparation of bacterial cellulose impregnated with silver nanoparticles as an antimicrobial wound dressing.
Thesis Advisors: Assist. Prof. Ratana Rujiravanit and Prof. Seiichi Tokura 58 pp.
Keywords: Bacterial cellulose/ *Acetobacter xylinum*/ Silver nanoparticle/ Antimicrobial activity/ Surface plasmon resonance

Bacterial cellulose was produced by *Acetobacter xylinum* (TISTR 975). Bacterial cellulose is an interesting material for using as a wound dressing since it provide moist environment to a wound resulting in better wound healing. However, bacterial cellulose itself has no antimicrobial activity to prevent wound from infection. To achieve antimicrobial activity, silver nanoparticles were impregnated into the bacterial cellulose by immersing the bacterial cellulose in silver nitrate solution. Sodium borohydride was then used to reduce the absorbed silver ion (Ag^{+}) inside of bacterial cellulose to metallic silver nanoparticles (Ag^{0}). Silver nanopartilces displayed an optical absorption band around 420nm. The red shift and broadening of the optical absorption band was observed when the mole ratio of $NaBH_4$ to $AgNO_3$ ($NaBH_4$:$AgNO_3$) was decreased, indicating the increase in particle size and particles size distribution of silver nanoparticles that was investigated by transmission electron microscope. The formation of silver nanoparticles was also evidenced by X-ray diffraction. The antimicrobial activity of the silver nanoparticle-impregnated bacterial cellulose was measured by two methods. The first is an inhibition zone method, growth inhibition ring of *Staphylococcus aurous* and *Escherichia coli* were 3.5 and 2 mm, respectively. The second method is a colony forming unit count method, 99.7 % reduction in viable *Escherichia coli* and 99.9% reduction in viable *Staphylococcus aurous* were observed after 24 hours.

บทคัดย่อ

ธวัชชัย มณีรุ่ง : การเตรียมวัสดุปิดแผลจากเส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากเชื้อแบคทีเรียที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Preparation of bacterial cellulose impregnated with silver nanoparticles as an antimicrobial wound dressing) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. รัตนา รุจิรวนิช และ ศ.ดร.ไซอิชิ โทกุระ 58 หน้า

เส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากเชื้อแบคทีเรีย (*Acetobacter Xylinum*) จะถูกผลิตอยู่ในรูปของโครงสร้างสามมิติที่ไม่มีการถักทอ (3-Dimensional non-woven network) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเส้นใยระดับนาโนที่ได้จากกระบวนการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrospinning) และจากโครงสร้างดังกล่าวนี้เองจึงทำให้เส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตออกมาอยู่ในรูปของวัสดุไฮโดรเจลซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นวัสดุปิดแผล เนื่องจากมันสามารถรักษาสภาวะชุ่มชื้นของบาดแผลไว้ได้ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการรักษาบาดแผลเป็นไปได้ง่ายขึ้นทั้งยังสามารถดูดซับของเหลวที่จะไหลออกมาจากบาดแผล (Wound exudates)ได้ นอกจากนี้วัสดุปิดแผลที่ดีควรมีคุณสมบัติอย่างอื่นเพิ่มเติม อาทิเช่น ความสามารถในการป้องกันการติดเชื้อของแผล เป็นต้น แต่เนื่องจากตัวของเส้นใยเซลลูโลสเองไม่มีคุณสมบัติดังกล่าว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะซิลเวอร์ลงไปในเส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากเชื้อแบคทีเรียเพื่อให้ได้วัสดุปิดแผลที่มีคุณสมบัติในการรักษาสภาวะความชุ่มชื้นและคุณสมบัติในการป้องกันการติดเชื้อของบาดแผลโดยใช้กระบวนการเคมีรีดักชั่นของสารประกอบซิลเวอร์ไนเตรตด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรงานวิจัยนี้จะศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของสารประกอบโซเดียมโบโรไฮไดร ($NaBH_4$) ต่อสารประกอบซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ต่อการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะซิลเวอร์หลังจากนั้นเส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากแบคทีเรียที่มีอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะซิลเวอร์ฝังอยู่จะถูกวิเคราะห์โดยใช้ UV-visible spectrophotometer, X-ray diffraction, Transmission electron microscopy และความสามารถในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ของเส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากแบคทีเรียที่มีอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะซิลเวอร์ฝังอยู่จะถูกตรวจสอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his sincere gratitude to his advisor and co-advisor, Assist. Prof. Ratana Rujiravanit and Prof. Seiichi Tokura, for their sincere assistances. They have provided the very useful guidance and the great encouragement throughout this research. The author deeply thanks to Assoc. Prof. Prasit Pavasant and Assist. Prof. Neeracha Sanchavanakit for serving on their thesis committees and giving the useful suggestion.

The author is grateful for the partial scholarship and partial funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College; and the National Excellence Center for Petroleum, Petrochemicals and Advanced Materials, Thailand.

The author would like to thank the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University where the author has gained the invaluable knowledge in the Polymer Science programs and the author greatly appreciates all professors, lecturers and staffs who have tendered knowledge and technical support during his stay in this college.

Special thank goes to Assoc. Prof. Sujitra Wongkasemjit who recommended him for the further study in the Ph.D program at the National University of Singapore (NUS). In addition, the author would like to thank Dr. Raweewan Klaewkla who gave the useful suggestion for the further study in the Ph.D program.

Finally, the author would like to thank his PPC friends for their friendship, helpfulness and creative suggestions. The author is also greatly appreciated to his family for their love, understanding, and constant encouragement during his studies and thesis work. Without all of them, this work and his life have not been successful.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**