



เลขที่สิทธิบัตร 104800

สป/200 - ข

สิทธิบัตรการประดิษฐ์

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถ้อยสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี) ดังที่ปรากฏในสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 1801007569
วันขอรับสิทธิบัตร 7 ธันวาคม 2561
ผู้ประดิษฐ์ นางสาวพิศุทธิ์สรล ชิตโชติปัญญา

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ กรรมวิธีการผลิตอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์
จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิก

ให้ผู้ทรงสิทธิบัตรนี้มีสิทธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ



ออกให้ ณ วันที่ 14 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2567
หมดอายุ ณ วันที่ 6 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2581

(นายกิตติวัฒน์ ปัจฉิมนันท์)
รองอธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกสิทธิบัตร

- หมายเหตุ
- ผู้ทรงสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มตั้งแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น สิทธิบัตรนี้จะสิ้นสุดอายุ
 - ผู้ทรงสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวได้
 - การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามสิทธิบัตรและการโอนสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

พนักงานเจ้าหน้าที่



Ref.256701087774729

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตร
น้ำชนิดแอนไอออนิก

5 สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาวัสดุศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอนุภาคนาโนคอมโพสิตของ
ซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิก
ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

10 แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าอาศัยอยู่ทั่วไป
ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดนั้นเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ต่อมนุษย์ส่งผลให้
การดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์และสัตว์เกิดความวิตกกังวล ในประเทศไทยโรคติดเชื้อที่พบบ่อย ได้แก่
โรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ โรคติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร โรคติดเชื้อทางผิวหนัง ซึ่งเกิดจาก
เชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ที่สะสมอยู่บนพื้นผิวของวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องใช้ต่างๆรอบตัวเราและ
แพร่กระจายมาสู่มนุษย์และสัตว์ รวมถึงมีการแพร่กระจายจากการสัมผัสจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคล
15 หนึ่ง มีรายงานวิจัยทางการแพทย์ เรื่อง How long do nosocomial pathogens persist on
inanimate surfaces? A systematic review ซึ่งถูกตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ BMC Infectious
Diseases ฉบับที่ 6 หน้า 130-138 ปี 2006 ได้รายงานว่แบคทีเรียบางชนิดสามารถเกาะอยู่บนพื้นผิว
วัสดุได้นานตั้งแต่ 30 ชั่วโมงถึง 4 ปี ดังนั้นวิธีการที่สามารถช่วยลดการแพร่กระจายเชื้อจากสิ่งแวดล้อม
คือการป้องกันโดยการทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอเพื่อลดการสะสมของเชื้อโรคบน
20 พื้นผิวอุปกรณ์และเครื่องใช้ต่างๆ

ปัจจุบันได้มีการพัฒนามาตรฐานวิธีป้องกันการติดเชื้อทางการสัมผัส 3 วิธีด้วยกัน คือ

1) การทำความสะอาดห้องหรือพื้นผิวนั้นด้วยสารค่าเชื้อ เช่น แอลกอฮอล์ คลอรีน ไฮโดรเจน
เปอร์ออกไซด์ หรือไตรโคซาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีการทำความสะอาดดังกล่าวยังไม่เพียงพอต่อการ
ป้องกันการติดเชื้อได้ 100 % อีกทั้งสารเหล่านี้ยังสามารถเกิดการระคายเคืองและเป็นพิษต่อมนุษย์ด้วย

25 2) การรมไอร่ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แม้ว่าวิธีนี้จะสามารถฆ่าเชื้อได้ทั้งห้องได้อย่าง
สมบูรณ์ 100% แต่ทว่า การใช้วิธีนี้จำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้ายผู้คนและสัตว์ออกจากบริเวณดังกล่าว
รวมถึงปิดระบบระบายอากาศให้สนิท ซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยาก และต้องใช้เวลาจนถึง 2.5-5 ชั่วโมง

3) การฉายแสงยูวีซี ซึ่งวิธีนี้ถือเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่ใช้สารเคมีและ
สามารถฆ่าเชื้อได้ทั้งห้องอย่างสมบูรณ์ 100 % อีกทั้งใช้เวลาเพียง 15-50 นาทีและไม่จำเป็นต้องปิด
30 ระบบระบายอากาศ แต่แสงยูวีซีที่ใช้ต้องมีพลังงานสูงมากเพียงพอที่จะฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นจึง
จำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้ายผู้คนและสัตว์ออกจากบริเวณดังกล่าว เนื่องจากแสงยูวีซีที่ใช้เป็นอันตรายต่อ
มนุษย์และสิ่งมีชีวิต

แต่ในสถานการณ์จริงการปฏิบัติการดังกล่าวให้ทั่วถึงเป็นไปได้ยาก อีกทั้งประสิทธิภาพในการ
ฆ่าเชื้อก็จะหมดไปทันทีที่ฆ่าเสร็จ หลังจากนั้นเชื้อแบคทีเรียก็สามารถกลับมาสะสมบนพื้นผิวเดิมได้อีก
ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีป้องกันวิธีใหม่ๆ ที่ให้ประสิทธิภาพมากกว่าที่เป็นอยู่ ดังนั้นจึงได้มีการ
35 พัฒนาให้พื้นผิวของวัสดุที่มีสมบัติยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยการทำความสะอาดผิววัสดุ ด้วยการผสมสารที่
มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยเริ่มจากการเติมสารประเภทสารประกอบอินทรีย์ เช่น คิวเตอร์นารี

104800

แอมโมเนียม ไตรโคซาน และคลอโรไซลิโนล เป็นต้น แต่สารประเภทนี้ไม่เสถียรต่อสภาวะแวดล้อมที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

ปัจจุบันไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีสมบัติโฟโตคาตาไลติกได้ถูกนำมาใช้ทางการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียอย่างแพร่หลาย ซึ่งไทเทเนียมไดออกไซด์จำเป็นต้องใช้แสงยูวีมากระตุ้นจึงจะสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ จึงทำให้เป็นอุปสรรคในการใช้งานในอาคารทั่วไปได้ จึงได้มีการเติมอนุภาคโลหะบางชนิด เช่น โลหะเงิน เพื่อให้สามารถยับยั้งเชื้อภายใต้แสงธรรมดาดได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีและหลากหลายยิ่งขึ้นตามรายงานวิจัยเรื่อง Improved microbial growth inhibition activity of bio-surfactant induced Ag-TiO₂ core shell nanoparticles ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Applied surface science ฉบับที่ 357 หน้า 594-516 ปี 2015 และเรื่อง A facile electrochemical approach to form TiO₂/Ag heterostructure films with enhanced photocatalytic activity ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Industrial & Engineering Chemistry Research ฉบับที่ 55 หน้า 107-115 ปี 2016 ซึ่งการพัฒนาสารที่มีการผสมระหว่าง ไทเทเนียมไดออกไซด์กับอนุภาคโลหะนาโน ถือว่าเป็นวัสดุฉลาดที่มีสมบัติยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยตัวเอง

อนุภาคโลหะนาโน เช่น ทอง เงิน และทองแดง มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ใน 2 รูปแบบด้วยกันคือ 1) ในรูปของอนุภาคโลหะนาโน และ 2) ในรูปของไอออนบวกของโลหะเหล่านั้น ซึ่งจากงานวิจัยของ ฮุก (Huh) และ ควอน (Kwon) เรื่อง Nanoantibiotics": a new paradigm for treating infectious diseases using nanomaterials in the antibiotics resistant era ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Journal of Controlled Release ฉบับที่ 156 หน้า 128-145 ปี 2011 รายงานว่าอนุภาคโลหะแต่ละชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่แตกต่างกัน ทั้งปริมาณต่ำสุดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibition concentration) และชนิดของเชื้อแบคทีเรีย โดยทั่วไปการปรับแต่งคุณสมบัติโฟโตคาตาไลติกของไทเทเนียมไดออกไซด์ให้มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อภายใต้แสงธรรมดา สามารถทำได้โดยการเติมอนุภาคโลหะนาโนเงิน โดยประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของ นาโนคอมโพสิตจะขึ้นกับการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและเสถียรภาพของอนุภาคนาโนในพอลิเมอร์ ตามรายงานวิจัยของชิตติโชติปัญญาและคณะเรื่อง In vitro assessment of antibacterial potential and mechanical properties of Ag- TiO₂/WPU on medical cotton optimized with response surface methodology ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Journal of natural fibers ฉบับที่ 16 หน้า 88-99 ปี 2019

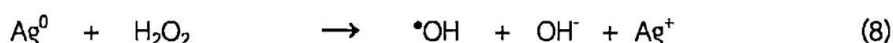
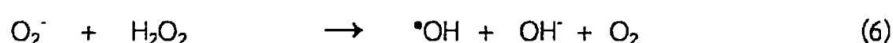
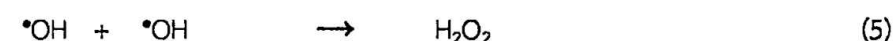
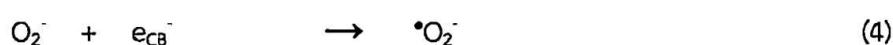
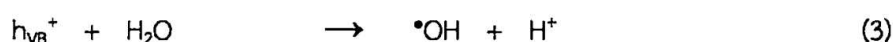
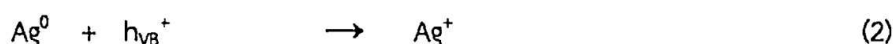
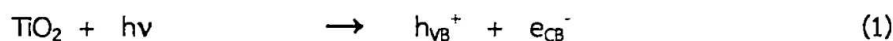
ดังนั้นเพื่อพัฒนาศักยภาพและประสิทธิภาพของสารให้มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้นรวมทั้งให้มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น งานประดิษฐ์นี้จึงได้สังเคราะห์อนุภาคนาโนซิลเวอร์-ไทเทเนียมไดออกไซด์นาโนคอมโพสิตที่มีการกระจายตัวและมีเสถียรภาพที่ดีเพื่อให้มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยตัวเองได้ถึง 99.9 % รวมทั้งปลอดภัยไม่ทำอันตรายต่อผู้บริโภค โดยใช้พอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิกเป็นทั้งตัวรีดิวซ์และตัวสแตบิไลเซอร์ให้กับอนุภาคนาโนคอมโพสิต

ข้อได้เปรียบของอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไทเทเนียมไดออกไซด์ คือ

1. เนื่องจากตอนนี้มีงานวิจัยเรื่อง Bacterial resistance to silver nanoparticles and how to overcome it ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Nature nanotechnology ฉบับที่ 13 หน้า 65-71 ปี 2018 รายงานว่ามีการดื้อของเชื้อแบคทีเรียเมื่อใช้ซิลเวอร์นาโนเพียงอย่างเดียว จึงได้มีการนำไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งมีสมบัติโฟโตคาตาไลติกมาช่วยเสริมเพื่อเพิ่มฤทธิ์และป้องกันการดื้อของเชื้อแบคทีเรีย

104800

2. เมื่อรวมไทเทเนียมไดออกไซด์กับซิลเวอร์นาโนจะเกิดผลเสริมฤทธิ์กัน ทำให้มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้น อีกทั้งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น การผสมระหว่างไทเทเนียมไดออกไซด์กับอนุภาคนาโนของโลหะนั้นถือว่าเป็นวัสดุฉลาด เพื่อก่อให้เกิดคุณสมบัติยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นการฆ่าเชื้อด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง เพราะระบบนี้จะทำให้เกิดซิลเวอร์ไอออน ซิลเวอร์นาโน อนุมูลอิสระ อนุพันธ์ออกซิเจนที่ว่องไว เป็นต้น ดังสมการเคมีดังต่อไปนี้



- ตามรายงานวิจัยเรื่อง In vitro assessment of Ag-TiO₂/polyurethane nanocomposites for infection control using response surface methodology ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Reactive and Functional Polymers ฉบับที่ 117 หน้า 120-130 ปี 2017 และเรื่อง Synthesis of Ag ion-implanted TiO₂ thin films for antibacterial application and photocatalytic performance ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Journal of Hazardous Materials ฉบับที่ 299 หน้า 59-66 ปี 2015
3. เมื่อไทเทเนียมไดออกไซด์รวมกับซิลเวอร์นาโน ก็ไม่จำเป็นต้องใช้แสงยูวีในการกระตุ้นให้เกิดสมบัติในการฆ่าเชื้อ ทำให้สามารถใช้งานในอาคารได้ ไม่จำเป็นต้องจำกัดไว้ใช้ภายนอกอาคารเท่านั้นเพราะไม่จำเป็นต้องใช้แสงยูวีมากระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคาตาไลติก

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เป็นการสังเคราะห์อนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตรนำชนิดแอนไอออนิก (Ag-TiO₂/WPU) ด้วยวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมผ่านปฏิกิริยารีดักชันที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เกลือซิลเวอร์ไนเตรตเป็นแหล่งของซิลเวอร์ไอออน และ พอลิยูรีเทนสูตรนำชนิดแอนไอออนิกเป็นตัวรีดิวซ์ที่ให้อิเล็กตรอนกับซิลเวอร์ไอออนเพื่อให้เกิดเป็นอนุภาคนาโนของโลหะเงิน รวมทั้งเป็นสเตบิไลเซอร์ ที่ทำหน้าที่ให้อนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์มีเสถียรภาพและการกระจายตัวที่ดี อีกทั้งทำหน้าที่ควบคุมขนาดของอนุภาคนาโนคอมโพสิตที่เกิดขึ้นด้วย เพื่อให้มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยตัวเองได้ถึง 99.9 % และไม่เป็นพิษต่อผู้ใช้

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

อนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิด แอนไอโอนิก ตามการประดิษฐ์นี้ประกอบด้วยส่วนประกอบดังนี้

- | | | |
|---|------------------------------------|----------------------------|
| 5 | - ซิลเวอร์ในเตรต | ปริมาณ 0.3-0.5 %โดยน้ำหนัก |
| | - ไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิด พี25 | ปริมาณ 0.2-0.4 %โดยน้ำหนัก |
| | - โซเดียมไฮดรอกไซด์ | ปริมาณ 1-5 %โดยน้ำหนัก |
| | - พอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอโอนิก | ปริมาณ 70-75 %โดยน้ำหนัก |
| | - น้ำดีไอออนซ์ | ปริมาณ 20-25 %โดยน้ำหนัก |

10 ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอโอนิกประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- | | |
|----|---|
| 15 | 1. ผสมเกลือซิลเวอร์ในเตรตกับสารละลายพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอโอนิกเพื่อให้ได้สารละลายหรือสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้นของซิลเวอร์ในเตรตเท่ากับ 0.3-0.5 % โดยน้ำหนัก และความเข้มข้นของพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอโอนิกเท่ากับ 70-75 % โดยน้ำหนัก |
| 20 | 2. นำสารละลายหรือสารแขวนลอยที่ได้ในข้อ 1 ไปกวนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เพื่อให้สารละลายหรือสารแขวนลอยเปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีเหลืองอ่อน โดยใช้เวลาในการกวน 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง |
| 25 | 3. เติมน้ำไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิด พี25 ลงไปในสารละลายหรือสารแขวนลอยในข้อ 2 โดยมีความเข้มข้นของไทเทเนียมไดออกไซด์ 0.2-0.4 %โดยน้ำหนัก แล้วกวนสารละลายด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง |
| 30 | 4. ปรับค่าพีเอช (pH) ของสารละลายหรือสารแขวนลอยที่ได้ในข้อ 3 ให้มีค่า 8-11 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1-5 %โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นกวนสารละลายด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 50 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงนำมาบรรจุในภาชนะที่ป้องกันแสงและความชื้น ก็สามารถนำมาใช้งานได้ |

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์ ดังนี้

- | | |
|----|--|
| 30 | 1. ทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน |
| | 2. วัดค่าสีและค่าดัชนีความเหลืองตามมาตรฐาน ASTM E313-05 |
| | 3. ทดสอบการปลดปล่อยซิลเวอร์ไอออนของสารนาโนคอมโพสิต |
| | 4. ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียตามมาตรฐาน JIS Z2801:2000 |
| | 5. ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ตามมาตรฐาน MTT assay/ISO 10993 |

การทดลองที่ 1: ทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน

35 ปีเปิดสารแขวนลอยของสิ่งประดิษฐ์นี้ (นาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์ในพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอโอนิก) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์แล้วเติมน้ำดีไอออนซ์ลงไป 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที หลังจาก

นั้นปีเปิดของเหลวที่อยู่ด้านบนออก ให้เหลือเฉพาะตะกอนของอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์เท่านั้น จากนั้นเติมน้ำดีไออไนซ์ 2 มิลลิลิตร แล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร เพื่อให้ตะกอนกระจายตัวเป็นสารแขวนลอยอีกครั้ง หลังจากนั้นปีเปิดตัวอย่างไสกริด แล้วนำไปตรวจสอบลักษณะสัญญาณวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน

ผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 1 จะเห็นว่าอนุภาคนาโนซิลเวอร์ (ขนาดประมาณ 4-6 นาโนเมตร) กระจายตัวอยู่บนพื้นผิวของอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (ขนาด 25 นาโนเมตร) ซึ่งมีโครงสร้างที่เหมาะสมเนื่องจากการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียต้องอาศัยการสัมผัสกันระหว่างสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกับแบคทีเรีย ดังนั้นการใช้อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นคอร์ (ข้างใน) และ อนุภาคนาโนซิลเวอร์เป็นเชลล์ (ด้านนอก) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้มากยิ่งขึ้นเพราะอนุภาคนาโนซิลเวอร์มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่าอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์มาก

การทดลองที่ 2: วัดค่าสีและค่าดัชนีความเหลืองตามมาตรฐาน ASTM E313-05

นำสิ่งประดิษฐ์นี้และพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดไอโอไนค มาอย่างละ 50 กรัม แล้วนำไปสปีนด้วยความเร็ว 1,000 rpm 1 นาที บนกระจกสไลด์ขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีตามรูป 2 หลังจากนั้นวัดค่าสีของกระจกสไลด์เคลือบสิ่งประดิษฐ์กระจกสไลด์เคลือบพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอโอไนคและกระจกสไลด์ด้วยเครื่องวัดสีแบบสเปกโตรมิเตอร์ (Color Spectrometer) โดยให้แสดงค่าตามระบบ CIE $L^*a^*b^*$ และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (Color differences, ΔE^*) ตามสมการด้านล่างนี้

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

โดย ΔE^* คือ ค่าความแตกต่างของสีระหว่างกระจกสไลด์ที่ถูกเคลือบและกระจกสไลด์

หลังจากนั้นคำนวณค่าดัชนีความเหลือง (Yellowness index, ASTM E313-05) ตามสมการด้านล่าง

$$YI = \frac{100(1.3011 - 1.1311)}{1}$$

โดย YI คือ ค่าดัชนีความเหลือง

X, Y, Z คือ ค่าไตรสติมูลัสตามระบบสี CIE

ตารางที่ 1 ลักษณะความขุ่นใสของสารนาโนคอมโพสิตที่ถูกเคลือบบนกระจกสไลด์

	ไม่ได้เคลือบ	พอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอโอไนค	สิ่งประดิษฐ์
หลังจากเคลือบบนกระจกสไลด์	กระจกสไลด์มีความใสจนกระทั่งเห็นตัวอักษรบนบทความภาษาอังกฤษได้อย่างชัดเจนมาก ตามรูปที่ 5.1	กระจกสไลด์มีความใสจนกระทั่งเห็นตัวอักษรบนบทความภาษาอังกฤษได้อย่างชัดเจน ตามรูปที่ 5.2	กระจกสไลด์มีความใสจนกระทั่งเห็นตัวอักษรบนบทความภาษาอังกฤษได้อย่างชัดเจน ตามรูปที่ 5.3
ร้อยละการส่องผ่านแสง	100	97.23	93.84

ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดค่าสีและค่าดัชนีความเหลืองตามมาตรฐาน ASTM E313-05 ของสารนาโนคอมโพสิตที่เคลือบบนกระจกสไลด์

ชั้นตัวอย่าง	ค่าสี			ค่าความแตกต่างของสี	ค่าดัชนีความเหลือง
	L^*	a^*	b^*		
กระจกสไลด์	40.29	0.01	0.98	0	0.07
กระจกสไลด์เคลือบ พอลิยูรีเทนสูตรน้ำ ชนิดแอนไอออนิก	40.35	0.02	1.15	0.18	0.10
กระจกสไลด์เคลือบ สิ่งประดิษฐ์	40.70	0.11	1.68	0.64	1.02

เนื่องจากค่า b^* และค่าดัชนีความเหลืองจะเป็นตัวบอกความใสหรือความเหลืองของพื้นผิววัสดุ ถ้าค่าทั้งสองยังมีค่ามากก็จะแสดงว่าพื้นผิววัสดุมีความเหลืองมาก จากผลการทดลองพบว่าสีของกระจกสไลด์เคลือบสิ่งประดิษฐ์ กระจกสไลด์เคลือบพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดไอออนิกและกระจกสไลด์แบบจะไม่ต่างกันเลย (ตารางที่ 1) และผลที่ได้ก็ได้รับการยืนยันจากค่าความแตกต่างของสีของกระจกสไลด์เคลือบเมื่อเปรียบเทียบกับค่าของสีของกระจกสไลด์เปล่าและค่าดัชนีความเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 2

การทดลองที่ 3: การทดสอบการปลดปล่อยซิลเวอร์ไอออนของสารนาโนคอมโพสิต

นำสิ่งประดิษฐ์นี้และนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิกมาอย่างละ 50 กรัม แล้วนำไปสปินด้วยความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที บนกระจกสไลด์ขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำดีไอออนซ์ 20 มิลลิลิตร แล้วเก็บน้ำที่แช่ (Ag^+ solution) พร้อมทั้งใส่ น้ำดีไอออนซ์ใหม่จำนวน 20 มิลลิลิตร ทุก 10-15 นาที นำน้ำที่แช่ไปหาปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ปลดปล่อยด้วยเครื่องแกรฟไฟท์เฟอร์เนซอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer)

จากผลการทดสอบตามกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ปลดปล่อยออกมากับเวลา (ตามรูปที่ 2) พบว่าภายใต้แสงที่ตามองเห็น ไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถกระตุ้น ซิลเวอร์นาโนให้เป็นซิลเวอร์ไอออนได้ดี ซึ่งช่วยยืนยันว่าอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์สามารถปลดปล่อยอนุภาคแอนติไบโอติกหลายชนิดได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากงานวิจัยของโจนส์และคณะเรื่อง A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ Journal of Nanoparticle Research ฉบับที่ 12 หน้า 1531 – 1551 ปี 2010 แสดงว่าซิลเวอร์ไอออนมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียมากกว่าซิลเวอร์นาโน

ดังนั้นนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่านาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิก

การทดลองที่ 4: ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียตามมาตรฐาน JIS Z2801:2000

นำสิ่งประดิษฐ์นี้มา 50 กรัม แล้วนำไปสับด้วยความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที บนกระจกสไลด์ขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบตามมาตรฐาน JIS Z2801:2000 โดยทำการทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ ได้แก่

- 5 1) เอสเชอริเชียโคไล (Escherichia coli ATCC 25922, Gram-negative)
- 2) สแตปฟีโลค็อกคัสออเรียส (Staphylococcus aureus ATCC 6538P, Gram-positive)

ผลการทดลองที่ได้แสดงว่า ชิ้นตัวอย่างที่มีสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (อนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์) มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ดังรูปที่ 3 โดยมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อแบคทีเรีย >99.9 % ของทั้งเชื้อเอสเชอริเชียโคไลและเชื้อสแตปฟีโลค็อกคัสออเรียสเมื่อเปรียบเทียบกับกระจกสไลด์เปล่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสิ่งประดิษฐ์นี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเอสเชอริเชียโคไล (แกรมลบ) และสแตปฟีโลค็อกคัสออเรียส (แกรมบวก) ตามมาตรฐาน JIS Z2801:2000

10 การทดลองที่ 5: ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ตามมาตรฐาน MTT assay/ISO 10993

นำสิ่งประดิษฐ์นี้และพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดไอโอไนค มาอย่างละ 40 กรัม แล้วนำไปสับด้วยความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที บนกระจกสไลด์ขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ด้วยวิธี MTT assay ตามมาตรฐาน ISO 10993 โดยการเพาะเลี้ยงเซลล์เซลล์ไลน์ชนิด L929 ซึ่งเป็นเซลล์ mouse connective tissue fibroblast โดยผลจากการทดสอบจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ (% cell viability) ซึ่งถ้าผลการทดสอบของชิ้นทดสอบได้ ร้อยละการมีชีวิตของเซลล์มากกว่า 70 ถือว่าไม่เป็นพิษต่อเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (mammalian cell) (ตามรูปที่ 4)

15 20

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ตามมาตรฐาน MTT assay/ISO 10993 ของสารนาโนคอมโพสิตที่เคลือบบนกระจกสไลด์

ลำดับ	ชิ้นตัวอย่าง	ร้อยละการมีชีวิตของเซลล์
25 1	กระจกสไลด์	99
2	กระจกสไลด์เคลือบพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดไอโอไนค	85
3	กระจกสไลด์เคลือบสิ่งประดิษฐ์	79

30 สรุปได้ว่าสิ่งประดิษฐ์นี้ ไม่เป็นพิษต่อเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

- รูปที่ 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน
- 35 รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลเวอร์ไอออนที่ปลดปล่อยออกมากับเวลา
- รูปที่ 3 ภาพถ่ายแสดงผลการทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียตามมาตรฐาน JIS Z2801:2000
- รูปที่ 4 ภาพถ่ายการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ตามมาตรฐาน MTT assay/ISO 10993

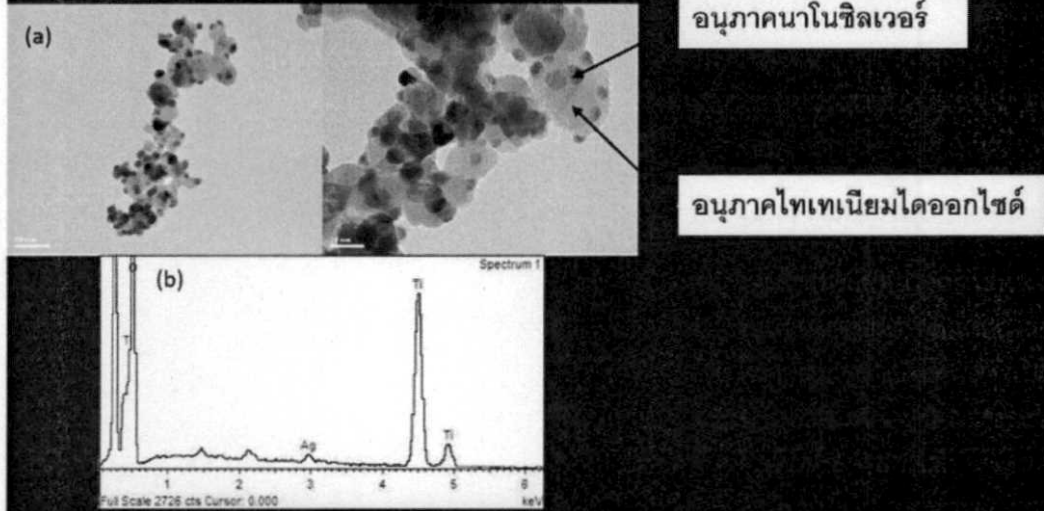
- 5 รูปที่ 5.1 ภาพถ่ายแสดงความใสของแผ่นกระจกสไลด์ แล้วนำไปวางทับบนบทความภาษาอังกฤษ
- รูปที่ 5.2 ภาพถ่ายแสดงความใสของแผ่นกระจกสไลด์ที่ถูกเคลือบด้วยพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิก แล้วนำไปวางทับบนบทความภาษาอังกฤษ
- รูปที่ 5.3 ภาพถ่ายแสดงความใสของแผ่นกระจกสไลด์ที่ถูกเคลือบด้วยสิ่งประดิษฐ์ แล้วนำไปวางทับบนบทความภาษาอังกฤษ
- วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด
- เหมือนกับที่ได้บรรยายไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

104800

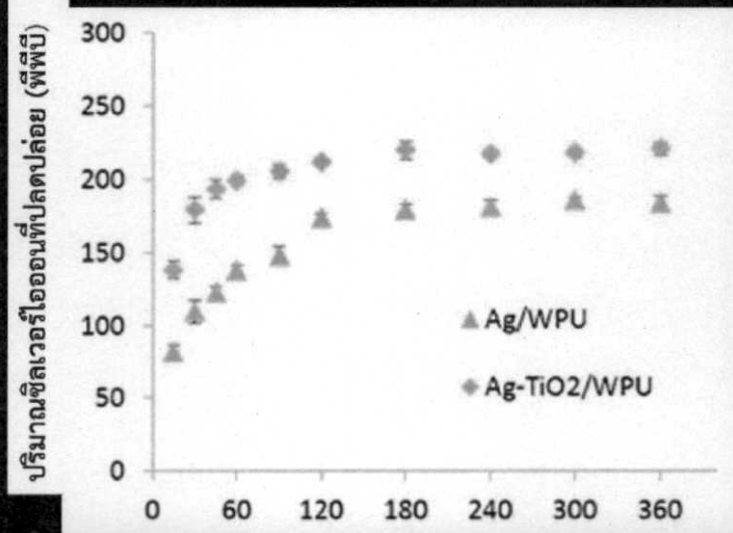
ข้อก๊อสีທີ

1. กรรมวิธีการเตรียมอนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จาก
พอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิก ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
 - 5 ก. ผสมเกลือซิลเวอร์ไนเตรดกับสารละลายพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิกเพื่อให้ได้
สารละลายหรือสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรดเท่ากับ 0.3-0.5
%โดยน้ำหนัก
 - ข. นำสารละลายหรือสารแขวนลอยไปกวนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เพื่อให้
สารละลายหรือสารแขวนลอยเปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีเหลืองอ่อน
 - 10 ค. เติมไททาเนียมไดออกไซด์ชนิดพี25 ลงไปในสารละลายหรือสารแขวนลอยโดยมีความ
เข้มข้นของไททาเนียมไดออกไซด์ 0.2-0.4 %โดยน้ำหนัก แล้วกวนสารละลายต่อด้วย
ความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง
 - ง. ปรับค่าพีเอช (pH) ในสารละลายหรือสารแขวนลอยให้มีค่าเป็น 8-11 ด้วยสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1-5 %โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นกวนสารละลายต่อ
ด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 50 นาทีที่อุณหภูมิห้อง
 - 15 2. อนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิด
แอนไอออนิก ที่ได้ตามกรรมวิธีในข้อก๊อสีທີ 1

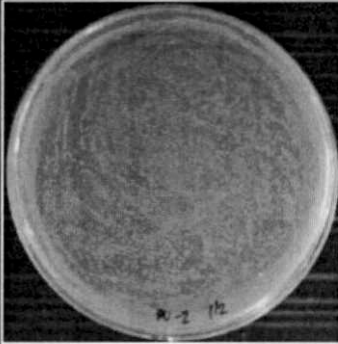
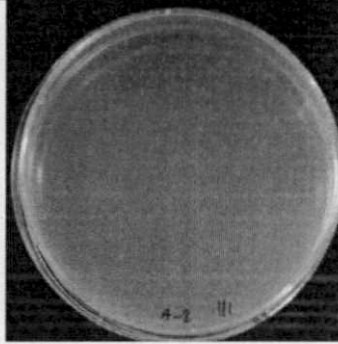
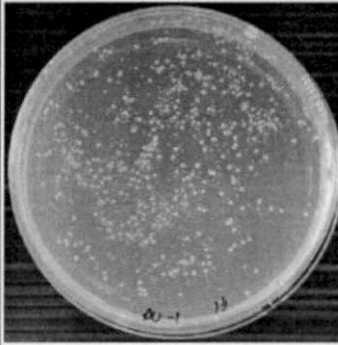
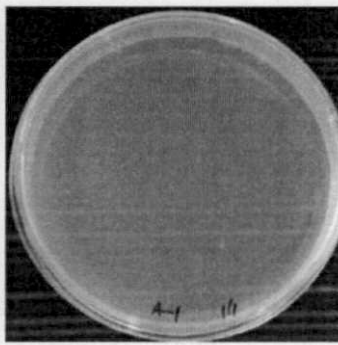
104800



รูปที่ 1

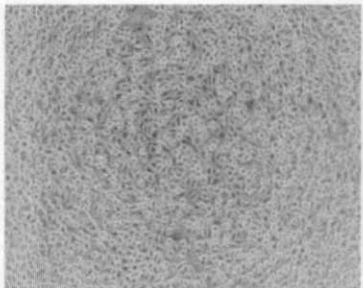
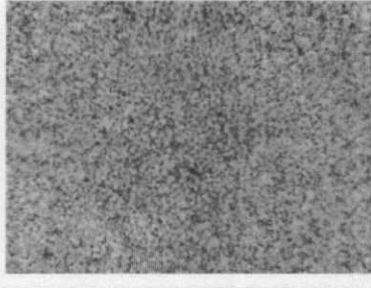
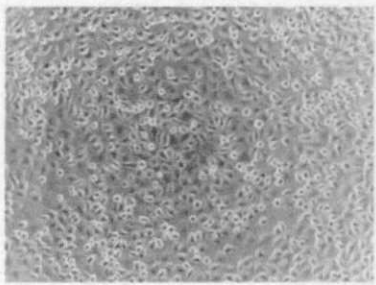
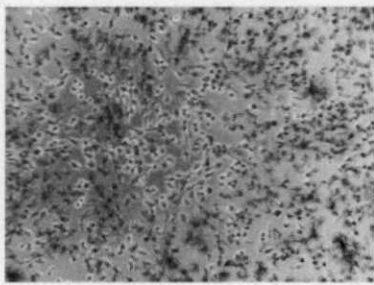
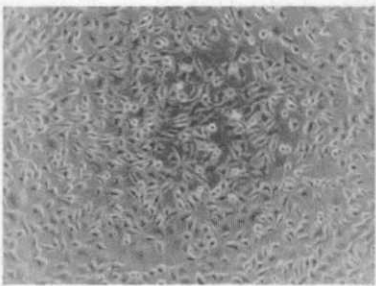
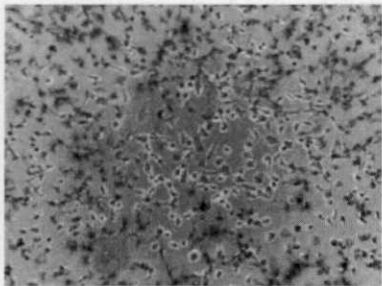


รูปที่ 2

ชนิดแบคทีเรีย	กระจกสไลด์	กระจกสไลด์เคลือบ สิ่งประดิษฐ์
เชื้อเอสเชอริเชียโคไล (แกรมลบ)		
เชื้อสแตปฟีโลค็อกคัส ออเรียส (แกรมบวก)		

รูปที่ 3

104800

ที่	ชิ้นงาน	ก่อนย้อมสี (กำลังขยาย 100 เท่า)	หลังย้อมสี (กำลังขยาย 100 เท่า)
1	กระจกสไลด์		
2	กระจกสไลด์เคลือบ พอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิด แอนไอออนิก		
3	กระจกสไลด์เคลือบ สิ่งประดิษฐ์		

รูปที่ 4

104800

of their reaction products (both before and after implantation [5], have made them the most interesting bioceramics due to the poor mechanical properties of the polymers. The poor mechanical properties of the polymers limited the range of clinical applications. The most important clinical applications of the polymers developed so far.

The story of bioactive glass opened a new research field by [6]. Since then, this research in

รูปที่ 5.1

of their reaction products (both before and after implantation [5], have made them the most interesting bioceramics due to the poor mechanical properties of the polymers. The poor mechanical properties of the polymers limited the range of clinical applications. The most important clinical applications of the polymers developed so far.

The story of bioactive glass opened a new research field by [6]. Since then, this research in

รูปที่ 5.2

of their reaction products (both before and after implantation [5], have made them the most interesting bioceramics due to the poor mechanical properties of the polymers. The poor mechanical properties of the polymers limited the range of clinical applications. The most important clinical applications of the polymers developed so far.

The story of bioactive glass opened a new research field by [6]. Since then, this research in

บทสรุปการประดิษฐ์

5

การประดิษฐ์นี้เป็นการสังเคราะห์อนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์จากพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิกด้วยวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านปฏิกิริยารีดักชันที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เกลือซิลเวอร์ไนเตรตเป็นแหล่งของซิลเวอร์ไอออนและพอลิยูรีเทนสูตรน้ำชนิดแอนไอออนิกเป็นตัวรีดิวซ์ที่ให้อิเล็กทรอนิกส์กับซิลเวอร์ไอออนเพื่อให้เกิดเป็นอนุภาคนาโนของโลหะเงิน รวมทั้งเป็นสเตบิลไลเซอร์ที่ทำหน้าที่ให้อนุภาคนาโนคอมโพสิตของซิลเวอร์-ไททาเนียมไดออกไซด์มีเสถียรภาพและการกระจายตัวที่ดี เพื่อให้มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยตัวเองได้ถึง 99.9 % และไม่เป็นพิษต่อผู้ใช้ โดยมีส่วนประกอบดังนี้ คือ ซิลเวอร์ไนเตรต 0.3-0.5 % โดยน้ำหนัก ไททาเนียมไดออกไซด์ชนิด พี25 0.2-0.4 % โดยน้ำหนัก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1-5 % โดยน้ำหนัก

104800


นายสุวัจชัย บุญอารี

Signed by DIP-CA