

## อนุภาคนาโนเงินในงานทันตกรรม

ณปภา เอี่ยมจิรกุล\* ปิยะนารก เอกวรพจน์\*\* ชูติวัลคุ์ พูลนวม\*\*\*

### บทคัดย่อ

นาโนเทคโนโลยี ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นในทางวิศวกรรม ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา รวมถึงการใช้งานในวงการแพทย์นับตั้งแต่ปี 1974 เป็นต้นมา ในวงการทันตกรรมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตชนิดนาโนฟิลด์ หรือ นาโนไฮบริด จัดเป็นตัวแทนของนาโนวัสดุที่ใช้งานในทางทันตกรรม การใช้เทคโนโลยีนาโนในการสังเคราะห์อนุภาคของสารซิลเวอร์ไนเตรทให้เป็นอนุภาคนาโนเงินทำให้มีคุณสมบัติที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดี มีรายงานการนำอนุภาคนาโนเงินมาประยุกต์ใช้งานกับวัสดุทางการแพทย์ เช่น ผ้าปิดแผล วัสดุฝังในร่างกาย ดังนั้นอนุภาคนาโนเงินจึงมีความน่าสนใจในการลดการสะสมเชื้อแบคทีเรียที่บริเวณพื้นผิวด้านสัมผัสเนื้อเยื่อของเครื่องมือทันตกรรมประดิษฐ์ เช่นฐานฟันเทียมชนิดอะคริลิกหรือไนลอน ทำให้ปากอักเสบเหตุฟันเทียมหลุดลงได้ บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาวัสดุทางทันตกรรมที่เน้นการเพิ่มคุณสมบัติต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะการนำอนุภาคนาโนเงินมาใส่ในฐานฟันเทียมอะคริลิก

**คำสำคัญ :** อนุภาคนาโนเงิน คุณสมบัติต่อต้านเชื้อ ฐานฟันเทียมอะคริลิก

\*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

\*\*อาจารย์ ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

\*\*\*ทันตแพทย์ โรงพยาบาลชะอำ ต.ชะอำ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120

## Silver Nanoparticles in Dentistry

**Napapa Aimjirakul\* Piyanart Ekworapoj\*\* Thitiwon Poolnuam\*\*\***

### **Abstract**

Nanotechnology is used for various applications mainly in engineering, physic, chemistry, biology including in medical health care since 1974. In dentistry, the innovation of nanofilled and nanohybrid dental composite resin can be a representative of nanomaterials in dentistry. With nanotechnology, silver nitrate was synthesized as silver nanoparticles (AgNPs) which have an ability to kill bacteria. Previous reports have shown the use of silver nanoparticles in medical appliances such as the wound dressing and implant. Therefore, it is interesting to use of silver nanoparticles to reduce the bacterial accumulation on tissue side of prosthodontic appliance liked acrylic or nylon denture base. This leads to the decrease of denture stomatitis. This article reveals the development of dental materials focusing on the enhancement in antibacterial property especially incorporation of silver nanoparticles into acrylic denture base.

**Key words :** Silver nanoparticles, Antimicrobial property, Acrylic denture base

---

*\*Assistant Professor, Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110*

*\*\*Lecturer, Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110*

*\*\*\*Dentist, Cha-am Hospital, Cha-am Sub-district, Cha-am District, Petchaburi 76120*

## บทนำ

“นาโนเทคโนโลยี” ถูกใช้โดยนักวิจัยชาวญี่ปุ่นชื่อ โนริโอะ ทานิกุจิ (Norio Taniguchi) แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวในปี 1974 [1] โดยให้คำจำกัดความได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการ การสร้างหรือการวิเคราะห์ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักร หรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมากๆ ในระดับนาโนเมตร (ประมาณ 1-100 นาโนเมตร) ซึ่งในปัจจุบันนาโนเทคโนโลยีได้ถูกพัฒนาใช้ในวิทยาศาสตร์หลายๆ ด้าน รวมถึงทางการแพทย์ และ ทางทันตกรรม เพื่อการรักษา และดูแลสุขภาพของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาระบบการจ่ายยาเฉพาะจุดที่เกิดโรค (Drug delivery system on disease sites) ด้วยเทคโนโลยีนาโน ทำให้มีการแพร่กระจายตัวของยาได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม ยาทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อ ณ จุดเกิดโรคเท่านั้น ลดการกำจัดยาส่วนเกิน และ นอกจากนี้ นาโนเทคโนโลยีเช่น นาโนชิป (NanoChip) ยังช่วยในการตรวจวินิจฉัยโรคในตำแหน่งของร่างกายที่เครื่องมือชิ้นใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงได้ เป็นต้น [2]

การนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในทางทันตกรรม หรือ “Nanodentistry” มีความเป็นไปได้ในอนาคตอันใกล้ ในการพัฒนาวัสดุนาโน (nanomaterials) การพัฒนาเทคโนโลยีทางชีวภาพ (biotechnology) รวมถึงการใช้หุ่นยนต์นาโน (nanorobotics) ที่มีคุณภาพสูง ดูแลสุขภาพช่องปาก การนำมาใช้อาจอยู่ในหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการนำมาใช้ควบคุมความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากงานศัลยกรรมช่องปาก ตัวอย่างเช่น การให้ยาชาคนไข้ก่อนการถอนฟัน หรือการใช้หุ่นยนต์นาโนเพื่อลดอาการเสียวฟันในขณะที่ทำหัตถการ รวมถึงการจัดฟัน โดยการควบคุมหุ่นยนต์นาโนที่มีความสามารถเข้าไปในส่วนของเส้นประสาท เนื้อเยื่อปริทันต์ รวมถึงเนื้อเยื่อฟัน ส่วนที่เป็นท่อเนื้อฟันหรือโครงสร้างผลึก ส่วนของเคลือบฟัน ทำให้เกิดการระบับความเจ็บปวดซ่อมสร้างเนื้อเยื่อหรือทำลายเนื้อเยื่อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่และปรับระดับของฟันที่ล้มเอียงให้ตั้งตรงได้

นับเป็นเทคโนโลยีแห่งอนาคตที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบการรักษาด้วยวัสดุสังเคราะห์ หรือ ลวดจัดฟัน เป็นการใช่วัสดุทางชีวภาพ (biomaterials) มากขึ้น [3]

ในส่วนของการพัฒนาวัสดุทันตกรรมโดยการดัดแปลงเพิ่มส่วนประกอบของวัสดุที่มีอนุภาคนาโนพบว่าเมื่อมีการปรับเปลี่ยนขนาดวัสดุอุดแทรกของวัสดุบูรณะฟันประเภทเรซินคอมโพสิต ให้มีขนาดระดับนาโนเมตร วัสดุจะมีคุณสมบัติกายภาพและคุณสมบัติทางกลที่ดีขึ้น การผลิตหรือ สังเคราะห์วัสดุด้วยเทคโนโลยีนาโน พบว่า มีส่วนช่วยทำให้วัสดุมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น [2]

ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ เช่น ภาชนะพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหาร ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยการเติมอนุภาคเงินหรือสารต่อต้านเชื้อที่รู้จักกันดี ได้แก่ เทคโนโลยีไมโครแบน (microban) ซึ่งเป็นการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์หรือการเพิ่มคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ให้กับวัสดุ โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่สัมผัสผิวจะถูกฆ่าหรือมีการปลดปล่อยสารออกมาจากตัววัสดุที่เชื่อมสัมผัสอยู่และเข้าสู่สิ่งแวดล้อมของเซลล์ของเชื้อ ทำให้เชื้ออยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต จนทำให้ตายได้ จากความคิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่อต้านเชื้อ ทำให้เกิดความคิดในการพัฒนาวัสดุทำฐานฟันเทียมซึ่งจัดเป็นวัสดุกลุ่มพลาสติกพอลิเมอร์ เช่นเดียวกับบรรจุภัณฑ์พลาสติกให้มีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราภายในช่องปาก เพื่อให้มีความสะอาดและปลอดภัยเมื่อคนไข้ต้องใช้เวลาเป็นระยะเวลา

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ที่สัมผัสกับร่างกาย รวมถึงเนื้อเยื่อภายในของมนุษย์ซึ่งต้องการคุณสมบัติสำคัญในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ จึงมีการศึกษาพัฒนาเกี่ยวกับสารที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์เพื่อนำมาใช้ในทางการแพทย์ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน สำหรับสารที่นิยมนำมาใช้ในวัสดุทันตกรรมเพื่อให้มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ คือ อนุภาคเงินและอนุภาคนาโนเงิน

บทความนี้มุ่งเน้นการนำเสนอเกี่ยวกับ วัสดุฐานพินเทียมและการพัฒนาวัสดุฐานพินเทียมด้วยเทคโนโลยีนาโน โดยเฉพาะการดัดแปลงวัสดุฐานพินเทียมด้วยอนุภาคนาโนเงิน

### อนุภาคเงินและอนุภาคนาโนเงิน

สำหรับวัสดุชีวภาพ ที่นำมาใช้ในร่างกายมนุษย์ คุณสมบัติการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก เนื่องจากถ้ามีเชื้อแบคทีเรียมาเริ่มเกาะบริเวณพื้นผิวของวัสดุแล้วจะทำให้มีการรวมกลุ่มและเจริญเติบโตบนพื้นผิวนั้นๆ อย่างรวดเร็ว จึงมีแนวคิดในการพัฒนาให้วัสดุมีความสามารถที่จะป้องกันการก่อตัวของเชื้อแบคทีเรียโดยเฉพาะในอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ต้องสัมผัสกับร่างกายมนุษย์ อนุภาคเงินเป็นอนุภาคโลหะที่มีขนาดเล็ก ถูกนำมาใช้เป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรียซึ่งปลอดภัยเมื่อเทียบกับสารฆ่าเชื้ออื่น มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ในขณะที่มีพิษต่อเซลล์ของมนุษย์น้อย พบว่าอนุภาคเงินมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย กว้าง (Broad spectrum) [2] สามารถฆ่าเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคได้ถึง 650 โรคถึงแม้จะใช้ความเข้มข้นต่ำ เช่น เชื้อ *E. Coli* สาเหตุของโรคท้องร่วงในเด็กเล็ก *Pseudomonas* สาเหตุของการติดเชื้อในกระแสเลือด *Staphylococcus* สาเหตุของโรคผิวหนังต่างๆ *Salmonella* สาเหตุของโรคไข้ไทฟอยด์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า อนุภาคเงิน ยังมีคุณสมบัติในการสร้างไบโอฟิล์มอีกด้วย นอกจากอนุภาคเงินแล้ว สารฆ่าเชื้อพวกที่มีอนุภาคเงินเป็นส่วนประกอบสำคัญก็ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เช่นกัน เช่น การสังเคราะห์สารซิลเวอร์คลอไรด์นาโนคริสตัล นำไปใส่ในเส้นใยของผ้าไหม โดยวิธีการนำเส้นใยของผ้าไหมมาชุบกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทและโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผลึกโซเดียมคลอไรด์ที่สังเคราะห์ขึ้นนั้นมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย [4]

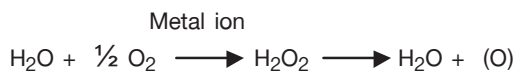
อนุภาคนาโนเงิน ถูกพัฒนามาจากอนุภาคเงิน โดยการนำสารซิลเวอร์ไนเตรท มาผ่านกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีด้วยนาโนเทคโนโลยี ทำให้ได้อนุภาค

นาโนเงินที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ นอกจากนี้มีการสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินด้วยวิธีการที่แตกต่างกันหลากหลายวิธี ทำให้สามารถประยุกต์ใช้อนุภาคนาโนเงินในทางการแพทย์ รวมถึงในทางทันตกรรม โดยเฉพาะเพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมเชื้อที่เกิดขึ้นบนพื้นผิววัสดุหรือเครื่องมือที่ต้องใส่ไปในร่างกายของคนไข้ ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ น้ำยาหยอดตาเพื่อฆ่าเชื้อ 1% ซิลเวอร์ไนเตรท (1% silver nitrate) ครีมทาแผลไฟไหม้ ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน (Silver sulfadiazine cream for burnt dressing), ผ้าปิดแผลที่มีส่วนผสมของสารซิลเวอร์นาโน (Silver NP-impregnated wound dressing) หรือการผสมส่วนของซิลเวอร์นาโนเข้าไปในส่วนของวัสดุทดแทนกระดูกและวัสดุฝังในร่างกาย (bone cement or implant) เพื่อหวังผลในการป้องกันการติดเชื้อ [2,5]

การพัฒนาเป็นนาโนโมเลกุลทำให้มีจำนวนโมเลกุลต่อพื้นที่มากขึ้น ส่งผลให้ฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย อนุภาคระดับนาโนเงินนั้นมีข้อดีหลายประการ คือ ไม่เป็นพิษ มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (Bio-compatibility) มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilicity) สูง สามารถละลายในน้ำได้ดี และยังสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์อีกหลายชนิด โดยวิธีการทำนั้นไม่ยุ่งยาก ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าอนุภาคนาโนเงินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในทางการแพทย์

อนุภาคนาโนเงินที่ผลิตได้จากการใช้นาโนเทคโนโลยีจะมีขนาดอนุภาคประมาณ 25 นาโนเมตร หรือประมาณ 1 ใน 1,000 ของขนาดเซลล์ของแบคทีเรียหนึ่งในสมมุติฐานเกี่ยวกับกลไกการทำงานของอนุภาคนาโนเงิน คือ เมื่ออนุภาคนาโนเงินสัมผัสกับผนังเซลล์จะสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียหรือเชื้อราได้ จากนั้นอนุภาคนาโนเงินซึ่งมีสมบัติเป็นกรดอ่อน (soft acid) จะเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลที่เป็นเบสอ่อน (soft base) ภายในเซลล์ ซึ่งก็คือส่วนที่เรียกว่าหมู่ซัลไฟดริล (sulphydryl group) ของเอนไซม์โปรตีนเนส (proteinase) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเมตาบอลิซึมของเซลล์

โดยหมู่ซัลไฟดริล (-SH) ที่มีอะตอมของซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบจะจับตัวกับอนุภาคของเงินทำให้กระบวนการทำงานของเอนไซม์หยุดการทำงานจนกระทั่งเซลล์ของแบคทีเรียหยุดการเจริญเติบโตและเสื่อมสภาพไปในที่สุด นอกจากนี้ไอออนของโลหะยังสามารถเร่งปฏิกิริยาการผลิตอนุมูลอิสระออกซิเจนจากปฏิกิริยาออกซิโดซ์โครงสร้างของแบคทีเรียอีกด้วยซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ไม่จำเป็นต้องมีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างแบคทีเรียและสารฆ่าเชื้อแบคทีเรียแต่อาศัยโมเลกุลของออกซิเจนที่ถูกกระตุ้นแพร่ออกมาทำปฏิกิริยาดังสมการ



อีกสมมติฐานหนึ่งในการทำงานของไอออนเงินคือ ไอออนเงินสามารถยับยั้งกระบวนการหายใจของแบคทีเรียทำให้เซลล์ของแบคทีเรียตาย แม้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแบคทีเรียเมื่อใช้ออนุภาคนาโนเงินจะไม่เหมือนกับการใช้ ไอออนเงิน ในทุกกรณี แต่พบว่าอนุภาคนาโนเงินจะกระจายอยู่ตามผนังเซลล์และแทรกเข้าไปภายในเซลล์ของแบคทีเรีย และเกิดการรวมตัวของดีเอ็นเอภายในเซลล์เช่นเดียวกับการใช้ออนุภาคเงิน ขนาดของอนุภาคนาโนเงินที่สามารถฆ่าเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 1 – 10 นาโนเมตร เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กจะแสดงอิทธิพลของ electronic effect ได้ดียิ่งขึ้นทำให้ความว่องไวของพื้นผิวของอนุภาคนาโนเงินในการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น อีกทั้งความแข็งแรงในการจับของอนุภาคนาโนเงินกับแบคทีเรียขึ้นกับพื้นที่ผิวที่เกิดอันตรกิริยา ดังนั้นพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้นเมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลง ทำให้ประสิทธิภาพของอนุภาคนาโนเงินเพิ่มขึ้น ผิวหน้าของอนุภาคนาโนเงินที่สามารถจับกับแบคทีเรียได้ดีคือ ระบาย และจากการศึกษาของ da Silva Paula (2009) ซึ่งสร้างโคโพลิเมอร์ของ poly-(styrene-acrylic acid) กับ นาโนเงิน เชื่อว่า กลุ่มคาร์บอกซิลในกรดอะคริลิกจะช่วยเพิ่มการเคลื่อนตัวของไอออนโลหะในโคโพลิเมอร์ ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อดียิ่งขึ้น [6]

### กระบวนการปรับสภาพผิววัสดุให้มีคุณสมบัติการต่อต้านเชื้อด้วยอนุภาคนาโนเงิน

กระบวนการที่ทำให้วัสดุมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อในกลุ่มสารประเภทโพลีเมอร์มีหลายวิธี ได้แก่ วิธีโซลเจล (sol-gel) และ การเคลือบผิววัสดุ (coating) ด้วยวิธีเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบางๆ เรียกว่า โคลสปัตเตอร์ริง (co-sputtering) และโคลสปัตเตอร์ริงด้วยคลื่นรังสีวิทยุ (Radio frequency co-sputtering) [7] เป็นต้น

วิธีโซลเจล เป็นวิธีที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวที่เรียกว่า โซล (sol) ซึ่งส่วนมากอยู่ในสถานะแขวนลอยที่มีขนาดอนุภาค 0.1-1 ไมครอน เป็นของแข็งที่เรียกว่า เจล (gel) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการโซลเจลจะมีความบริสุทธิ์สูงเนื่องจากเป็นการเตรียมสารหรือวัสดุในระดับโมเลกุลทำให้สามารถกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการได้ง่าย จากการศึกษาของ Jeon และ คณะ (2003) พบว่าสามารถทำแผ่นฟิล์มบางของ silver-doped silica ได้ด้วยกระบวนการ โซลเจล โดยให้ผลในการฆ่าเชื้อ *E.coli* และ *S.aureus* และจากการวิเคราะห์โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่า ซิลเวอร์ไอออนสามารถยึดติดในแผ่นฟิล์มซิลิกาได้อย่างสมบูรณ์ และยังสามารถทนความร้อนได้ถึง 600 องศาเซลเซียสอีกด้วย [7] สำหรับวิธีการเคลือบผิวด้วยนาโนเงินนั้น พบว่าเป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ ทำให้มีความเสถียรของสารนาโนเงินบนพื้นผิวมากกว่า ต่างจากการใช้เทคนิคที่อุณหภูมิสูง ซึ่งจะลดคุณภาพของโพลีเมอร์ในการนำไปใช้

วิธีสปัตเตอร์ริง (sputtering) เกิดจากการดีสชาร์จ (discharge) ไฟฟ้าของก๊าซภายใต้ความดันบรรยากาศต่ำประมาณ  $10^{-2}$ - $10^{-6}$  มิลลิบาร์ เกิดไอออนของก๊าซวิ่งเข้าชนแผ่นสารเคลือบที่ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงประมาณ 400-1000 โวลต์ ไอออนของสารเคลือบที่ถูกชนด้วยไอออนของก๊าซจะหลุดและวิ่งด้วยความเร็วสูงเคลือบลงบนวัสดุที่ต้องการเคลือบ เกิดเป็นลักษณะฟิล์มบาง ซึ่งวิธีนี้จะเคลือบฟิล์มบางของนาโนเงินบนผิวของวัสดุ ทำให้วัสดุที่เคลือบมีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย แต่อย่างไรก็ตามการใช้วิธีนี้นาโนเงินจะสะสมอยู่เฉพาะบริเวณพื้นผิวของวัสดุเท่านั้น จึงทำให้มีความแข็งแรงทางกลและความเสถียรของสารเคมี

บนพื้นผิวต่ำ วิธีโคสปีดเตอริง (Co-sputtering) เป็น การสร้างแผ่นฟิล์มให้เกิดขึ้นบนพื้นผิวเช่นเดียวกับวิธี สปีดเตอริงแต่ใช้คลื่นความถี่วิทยุแทนการใช้ไฟฟ้ามา ช่วยในการเคลือบอนุภาคนาโนเงินบนผิววัสดุให้เป็น แผ่นฟิล์มที่มีความหนาเท่ากันมากขึ้น ทำให้มีคุณสมบัติ ในการต่อต้านเชื้อที่เพิ่มขึ้น [8]

**แนวคิดการพัฒนาวัสดุทันตกรรมให้มีคุณสมบัติ ต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย**

ในทางทันตกรรมได้มีการพัฒนานำสารที่มี คุณสมบัติฆ่าเชื้อมาผสมในวัสดุทางทันตกรรมมากมาย ยกตัวอย่างเช่น การเติมสารประกอบควอเตอร์นารี แอมโมเนียม (quaternary-ammonium-compounds) และ คลอเฮกซิดีน (chlorhexidine) ลงในวัสดุพิมพ์ ปากประเภทอัลจิเนต [9] หรือ การเติมสารกลุ่ม Methacryloyloxydodecyl-pyridinium bromide (MDPB) ลงในวัสดุอุดฟันที่มีส่วนประกอบพื้นฐานจาก เรซินเพื่อผลในการฆ่าเชื้อ [10] เป็นต้น

มีแนวความคิดในการนำอนุภาคนาโนเงินมาใช้ ในกลุ่มวัสดุอุดฟันประเภทเรซินคอมโพสิตและวัสดุที่ใช้ ทำรากเทียม ซึ่งเป็นวัสดุที่ต้องฝังตัวอยู่ในช่องปากแบบ ติดแน่น ไม่สามารถถอดมาทำความสะอาดได้ Ferraris และคณะ (2010) ได้ทำการเคลือบอนุภาคนาโนเงินบน เรซินคอมโพสิต ด้วยวิธีการโคสปีดเตอริงด้วยคลื่นรังสี วิทยุ (Radio frequency) พบว่าให้ผลในการฆ่าเชื้อ แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ถึงอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส โดยจากการใส่ซิลเวอร์นาโนซิลิกา ในเรซินคอมโพสิต พบว่า โมเลกุลของอนุภาคนาโนเงิน จะมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากขึ้น อีกทั้งรูของ ซิลิกาเมทริกซ์ยังยอมให้มีการแพร่ผ่านของไอออนเงิน ได้ทำให้มีผลดีต่อการฆ่าเชื้อของเรซินคอมโพสิต [8] นอกจากนี้ Li และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาใส่ อนุภาคเงินระดับไมโครในเรซินคอมโพสิต โดยทดสอบ กับ เชื้อ *S.mutans* และ *Streptococci* พบว่าช่วยเพิ่ม คุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) บริเวณผิวหน้า ของวัสดุเรซินคอมโพสิต ทำให้ลดจำนวนการเกาะติด

ของเชื้อ *Streptococci* และนอกจากนี้ยังเพิ่มจำนวน เซลล์แบคทีเรียที่ตายบนผิววัสดุเรซินคอมโพสิตอีกด้วย จากการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า อนุภาคเงินที่ใส่ในวัสดุ เรซินคอมโพสิตช่วยทั้งในด้านการลดการยึดเกาะของ แบคทีเรียและมีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียด้วย [11]

ในการทำรากเทียม วัสดุที่นิยมนำมาใช้คือ โทเทเนียม ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ ของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามยังมีแนวโน้มการเกิดการ สะสมของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งนำไปสู่การติดเชื้อ การอักเสบ และสุดท้ายอาจทำให้การรักษาด้วยรากเทียมล้มเหลวได้ จึงมีการศึกษานำอนุภาคนาโนเงินมาเคลือบบนผิวของ รากเทียมเพื่อลดความล้มเหลวในการรักษาที่อาจเกิดขึ้น เช่น การศึกษาของ Chen และ คณะ (2006) ได้ทดลอง เคลือบผิวของรากเทียมด้วยอนุภาคนาโนเงินและอนุภาค ไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite) พบว่าสามารถ ลดจำนวนแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis* และ *Staphylococcus aureus* บนผิวของรากเทียม ที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนเงินและไฮดรอกซีอะพาไทต์ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผิวของ รากเทียมที่เคลือบด้วยอนุภาคไฮดรอกซีอะพาไทต์อย่าง เดียว และ ผิวรากเทียมที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้ ยังพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องความเป็นพิษต่อเซลล์มนุษย์ และ ความขรุขระ ของพื้นผิวรากเทียมอีกด้วย [12] Flores และคณะ(2010) ได้ทำการทดลองทำให้โทเทเนียม และ โทเทเนียมออกไซด์ ดูดซึมอนุภาคนาโนเงินบนผิวของรากเทียม โดยอนุภาค นาโนเงินจะปกคลุมผิวมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ช่วยลด การก่อตัวของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* เมื่อ ทำการศึกษาในโมเดลที่มีการสร้างไบโอฟิล์ม [13] ซึ่ง สอดคล้องกับการศึกษาของ Liao และคณะ (2010) ที่พบว่า การเคลือบผิวรากเทียมด้วยอนุภาคนาโนเงิน สามารถลดการเกาะติดของ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* บนผิวของรากเทียมได้ โดยไม่ เป็นพิษต่อเซลล์สร้างเส้นใย (fibroblast) จากเหงือก ของมนุษย์อีกด้วย [14] นอกจากนี้ Sadeghi และคณะ (2010) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของ

อนุภาคนาโนเงินในรูปร่างที่แตกต่างกัน คือ รูปร่างแบบผลึกหกเหลี่ยม (Hexagonal silver nano particles) รูปร่างแบบแท่ง (Silver nanorods) และรูปร่างแบบแผ่น (Silver nanoplates) จากการทดลองนี้ได้ใช้วิธีทดสอบคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อของแบคทีเรีย *Escherichia coli* (*E.Coli*) ซึ่งเป็นตัวแทนของเชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่เป็นแกรมลบ และ *Staphylococcus aureus* (*S.aureus*) ซึ่งเป็นตัวแทนของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ด้วยวิธีดิสคิฟฟิวชันแบบดัดแปลง (Modified disc diffusion method) สำหรับเชื้อจากชนิดที่เป็นแผ่นพบวงใสของการยับยั้งเชื้อทั้งแกรมบวกและแกรมลบ เกิดมากกว่าชนิดที่เป็นแท่งและชนิดที่มีรูปร่างผลึกหกเหลี่ยม [15]

นอกจากวัสดุประเภทเรซินคอมโพสิตและรากเทียมแล้ว ยังมีการทดลองใช้อนุภาคนาโนเงินร่วมกับวัสดุประเภทพอลิเมอร์อีกด้วย ดังเช่นการศึกษาของ da Silva Paula และคณะ (2009) ได้ทำการสร้างโคโพลิเมอร์ของ poly-(styrene-acrylic acid) กับอนุภาคนาโนเงิน พบว่าให้ผลในการฆ่าเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* โดยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ การศึกษาครั้งนี้แสดงว่า ไอออนเงินสามารถถูกปล่อยออกมาจากพอลิเมอร์เมทริกซ์ที่อาหารเลี้ยงเชื้อได้ และยังพบอีกว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของนาโนเงินจะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อดีขึ้น [6]

#### **แนวคิดในการพัฒนาวัสดุฐานฟันเทียมเพื่อลดการสะสมเชื้อแบคทีเรีย**

ฐานฟันเทียมพลาสติกเมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลา นานมักพบปัญหามีคราบสีดำของเชื้อราเกาะติดที่ด้านเนื้อเยื่อหรือบริเวณขอบของฟันเทียม อันเนื่องมาจากการสะสมคราบจุลินทรีย์ทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย โดยเฉพาะปัญหาการสะสมในส่วนลึกของฐานฟันเทียมของเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ (*Candida albicans*) และเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* [16-17] จากการศึกษาของ Nikawa และคณะ (1998) ถึงเรื่องการสะสมของคราบจุลินทรีย์บนฟันเทียมฐานพลาสติก พบว่า

คราบจุลินทรีย์บนฐานฟันเทียม ประกอบด้วย เชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 10 ชนิด ต่อ 1 กรัมของน้ำหนักเปียกของคราบจุลินทรีย์ [18] และจากการศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่าคราบจุลินทรีย์ที่พบบนฐานฟันเทียมมีลักษณะเช่นเดียวกับที่พบบนตัวฟันธรรมชาติ องค์ประกอบของคราบจุลินทรีย์มีลักษณะคล้ายกัน ยกเว้น จำนวนของ *Candida spp.* ที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นบนคราบจุลินทรีย์ฐานฟันเทียมซึ่งเชื่อว่าเป็นสาเหตุหลักของการเกิดโรคปากอักเสบ (stomatitis) และจากการศึกษาของ Lamfon และคณะ (2005) พบว่าโรคปากอักเสบเหตุฟันเทียม (denture associated stomatitis; DAS) เป็นโรคราแคนดิดา (oral candidiasis) ที่พบบ่อยที่สุด โดย 24-60% พบในผู้ที่ใส่ฟันเทียม และโรคปากอักเสบเหตุฟันเทียมอาจมาพร้อมกับรูปแบบอื่นๆ ของโรคราแคนดิดา เช่น โรคมุมปากอักเสบ (angular cheilitis) โรคกลางลิ้นอักเสบรูปขนมเปียกปูน (medianrhomboid glossitis) และ chronic hyperplastic candidosis [19] ดังนั้นการทำให้ฐานฟันเทียมมีสารฆ่าเชื้อจึงเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญ ทำให้ผู้ป่วยสามารถดูแลรักษาฟันเทียมและสุขอนามัยของช่องปากขณะใส่ฟันเทียมได้ดียิ่งขึ้น นอกเหนือจากคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อที่ควรมีอยู่ในฐานฟันเทียมอะคริลิกแล้ว คุณสมบัติทางกลที่สูงก็เป็นอีกข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับวัสดุฐานฟันเทียมที่ทำให้ประสบความสำเร็จในผู้ป่วยไร้ฟันเช่นกัน [20] การศึกษาของ Sodagar และคณะ (2012) พบว่า ชนิดของเรซินอะคริลิกเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลของอนุภาคนาโนเงินที่มีต่อความทนแรงดัด (flexural strength) ของโพลีเมทิลเมทาไครเลต (Polymethylmethacrylate; PMMA) [21]

#### **บทวิจารณ์**

อนุภาคนาโนเงินมีใช้อย่างแพร่หลายในวงการแพทย์ดังที่กล่าวมาแล้ว เพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมเชื้อที่เกิดขึ้นบนพื้นผิววัสดุหรือเครื่องมือที่ต้องใส่ในร่างกายของคนไข้ เช่น ครีมทาแผลไฟไหม้ ผ้าปิดแผล วัสดุฝังในร่างกาย เพื่อหวังผลในการป้องกันการติดเชื้อ

อนุภาคนาโนเงินจึงเป็นอนุภาคที่มีความปลอดภัยสูง สามารถต่อต้านเชื้อ และมีความน่าสนใจในการประยุกต์ใช้งานกับวัสดุอุปกรณ์ทางทันตกรรมที่เกี่ยวข้องหรือสัมผัสกับเชื้อโรคต่าง ๆ

การนำนาโนเทคโนโลยีที่ทำให้วัสดุมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อมีความสำคัญกับวัสดุทางทันตกรรม เช่น วัสดุฐานฟันเทียม โดยเฉพาะเรซินอะคริลิกซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน (porous) ดูดซึมของเหลวได้ง่าย ดังนั้น ถ้าผู้ป่วยละเลยการทำความสะอาดฟันเทียม จะส่งผลให้ฟันเทียมมีกลิ่นเหม็น ติดสี และมีเชื้อแบคทีเรียไปสะสมทำให้เกิดโรคปากอักเสบเหตุฟันเทียม โดยเฉพาะเมื่อฟันเทียมเกิดการแตกร้าวจะทำให้เชื้อแบคทีเรียเข้าไปเกาะติดและก่อตัวได้ง่ายยิ่งขึ้นทั้งบริเวณเนื้อเยื่ออ่อนและพื้นผิวฟันเทียม [22] ดังนั้นการทำให้ฐานฟันเทียมมีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อจะทำให้ผู้ป่วยสามารถดูแลรักษาฟันเทียมและสุขอนามัยของช่องปากขณะใส่ฟันเทียมได้ดียิ่งขึ้น ถึงแม้จะมีรายงานตีพิมพ์เกี่ยวกับการใส่อนุภาคนาโนเงินในฐานฟันเทียมอะคริลิกเป็นจำนวนน้อย แต่ในอนาคตถ้านาโนเทคโนโลยีดังกล่าวนี้สามารถพัฒนาให้ใช้งานได้จริงและมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย จะเป็นประโยชน์ในการลดอุบัติการณ์การเกิดโรคในช่องปากได้ นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดพัฒนาให้วัสดุฐานฟันเทียมอะคริลิกมีความสามารถต่อต้านเชื้อราโดยขบวนการเติมสารต่อต้านเชื้อราในช่องปากหรือเทคนิคการเคลือบผิวฟันเทียมด้วยสารต่อต้านเชื้อรา จะช่วยลดการอักเสบที่เกิดจากเชื้อราได้เช่นกัน

สำหรับกระบวนการนำอนุภาคนาโนเงินมาใช้ในการทำให้วัสดุมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อ ในขณะที่อยู่ในขั้นเริ่มต้นในการหาวิธีการที่เหมาะสมในการผสมส่วนของอนุภาคนาโนเงินเข้าไปในวัสดุฐานฟันเทียม เพื่อให้มีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อได้ รวมถึงการศึกษาผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกลเมื่อเติมอนุภาคนาโนเงินลงในวัสดุฐานฟันเทียม

## บทสรุป

การนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการปรับปรุงวัสดุฐานฟันเทียมด้วยอนุภาคนาโนเงิน เป็นการริเริ่มสร้างสิ่งใหม่ๆ ให้กับวัสดุทันตกรรมและยังมีรายงานตีพิมพ์น้อย เมื่อนวัตกรรมเรซินอะคริลิกที่เสริมคุณสมบัติต่อต้านเชื้อแบคทีเรียที่เกิดจากการปรับปรุงดัดแปลงวัสดุนี้ประสบความสำเร็จ จะทำให้ลดอัตราการเกิดสภาวะรอยโรคการอักเสบเนื่องจากการใส่ฟันเทียมในคนไข้ลง ดังนั้นการศึกษาเรื่องคุณสมบัติการต่อต้านเชื้อและคุณสมบัติทางกลของฐานฟันเทียมที่ใส่อนุภาคนาโนเงินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ป่วยในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง

1. Sahoo SK, Parveen S, Panda JJ. The present and future of nanotechnology in human health care. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine* 2007; 3: 20-31.
2. Chaloupka K, Malam Y, Seifalian AM. Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. *Trends Biotechnol* 2010; 28(11): 580-588.
3. Kanaparthi R, Kanaparthi A. The changing face of dentistry: nanotechnology. *Int J Nanomedicine*. 2011; 6:2799-804.
4. Dastjerdi R, Montazer M. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2010; 79(1): 5-18.
5. Chen X, and Schluesener HJ. Nanosilver: A nanoparticle in medical application. *Toxicology Letters* 2008, 176, 1-12.



6. Da Silva Paula MM, Franco CV, Baldin MC, Rodrigues L, Barichello T, Savi GD, et al. Synthesis, characterization and antibacterial activity studies of poly-{styrene-acrylic acid} with silver nanoparticles. *Materials Science and Engineering: C* 2009; 29(2): 647-650.
7. Jeon HJ, Yi SC, Oh SG. Preparation and antibacterial effects of Ag-SiO<sub>2</sub> thin films by sol-gel method. *Biomaterials* 2003; 24(27): 4921-4928.
8. Ferraris M, Perero S, Miola M, Ferraris S, Verné E, Morgiel J. Silver nonocluster-silica composite coating with antibacterial properties. *Materials Chemistry and Physics* 2010; 120(1): 123-126.
9. Flanagan DA, Palenik CJ, Setcos JC, Miller CH. Antimicrobial activities of dental impression materials. *Dent Mater* 1998; 14(6): 399-404.
10. Imazato S. Bio-active restorative materials with antibacterial effects: new dimension of innovation in restorative dentistry. *Dent Mater J* 2009; 28(1): 11-19.
11. Li B, Liu X, Meng F, Chang J, Ding C. Preparation and antibacterial properties of plasma sprayed nano-titania/silver coatings. *Materials Chemistry and Physics* 2009; 118(1): 99-104.
12. Chen W, Liu Y, Courtney HS, Bettenga M, Agrawal CM, Bumgardner JD, et al. In vitro anti-bacterial and biological properties of magnetron co-sputtered silver-containing hydroxyapatite coating. *Biomaterials* 2006; 27(32): 5512-5517.
13. Flores CY, Díaz C, Rubert A, Benítez GA, Moreno MS, Fernández Lorenzo de Mele MA, et al. Spontaneous adsorption of silver nanoparticles on Ti/TiO<sub>2</sub> surfaces. Antibacterial effect on *Pseudomonas aeruginosa*. *J Colloid Interface Sci* 2010; 350(2): 402-408.
14. Liao J, Anchun M, Zhu Z, Quan Y. Antibacterial titanium plate deposited by silver nanoparticles exhibits cell compatibility. *Int J Nanomedicine* 2010; 5: 337-342.
15. Sadeghi B, Garmaroudi FS, Hashemi M, Nezhad HR, Nasrollahi A, Ardalan S, et al. Comparison of anti-bacterial activity on the nanosilver shapes : nonoparticles ,nanorods and nanoplates. *Advanced powder technology* 2010; 23(1): 22-26.
16. Radford DR, Sweet SP, Challacombe SJ, Walter JD. Adherence of *Candida albicans* to denture-base materials with different surface finishes. *J Dent* 1998; 26(7): 577-583.
17. Batoni G, Pardini M, Gianotti A, Rita M, Gabriele M. Effect of removable orthodontic appliances on oral colonization by mutans streptococci in children. *Eur J Oral Sci* 2001; 109(6): 388-392.
18. Nikawa H, Hamada T, Yamamoto T. Denture plaque - past and recent concerns. *J Dent* 1998; 26(4) : 299-304.
19. Lamfon H, Al-Karaawi Z, McCullough M, Porter SR, Pratten J. Composition of in vitro denture plaque biofilms and susceptibility to antifungals. *FEMS Microbiol Lett* 2005; 242(2): 345-351.

20. Lee HH, Lee CJ, Asaoka K. Correlation in the mechanical properties of acrylic denture base resins. *Dent Mater J* 2012; 31(1):157-164.

21. Sodagar A, Kassaei MZ, Akhavan A, Javadi N, Arab S, Kharazifard MJ. Effect of silver nano particles on flexural strength of acrylic resins. *J Prosthodont Res* 2012; 56(2): 120-124.

22. Hashiguchi M, Nishi Y, Kanie T, Ban S, Nagaoka E. Bactericidal efficacy of glycine-type amphoteric surfactant as a denture cleaner and its influence on properties of denture base resins. *Dent Mater J* 2009; 28(3): 307-114.

**ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :**

ผศ.ทพญ.ดร. ณปภา เอี่ยมจิรกุล

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

โทรศัพท์ 02-649-5212

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ [napapa@g.swu.ac.th](mailto:napapa@g.swu.ac.th)

**Correspondence author :**

Assistant Professor Dr. Napapa Aimjirakul

Department of Conservative Dentistry and

Prosthodontics, Faculty of Dentistry,

Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23,

Wattana, Bangkok 10110

Tel: 02-649-5212

E-mail: [napapa@g.swu.ac.th](mailto:napapa@g.swu.ac.th)