บทความการศึกษาต่อเนื่อง

สารออกฤทธิ์ในยาสีฟันเพื่อการดูแลสุขภาพช่องปาก

รองศาสตราจารย์ ดร.ภญ.ทัศนา พิทักษ์สุธีพงศ์, ภ.บ., ภ.ม., Ph.D.
ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รหัสกิจกรรม 1007-1-000-002-07-2568

จำนวนหน่วยกิต 2.50 หน่วยกิตการศึกษาต่อเนื่อง

วันที่รับรอง 21 กรกฎาคม 2568

วันที่หมดอายุ : 20 กรกฎาคม 2569

บทคัดย่อ

ยาสีฟันเป็นผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปากที่ใช้เป็นประจำในชีวิตประจำวัน โดยมีบทบาทสำคัญในการป้องกันฟันผุ เหงือกอักเสบ ลดคราบพลัค ลดกลิ่นปาก บรรเทาอาการเสียวฟัน และช่วยให้ฟันดูขาวขึ้น เป็นต้น ส่วนประกอบของยาสีฟันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ ส่วนประกอบพื้นฐาน และสารออกฤทธิ์ บทความนี้มุ่งเน้นให้ความรู้เกี่ยวกับชนิดของสารออกฤทธิ์ที่นิยมใช้ในยาสีฟัน โดยครอบคลุมกลุ่มสารที่มีฤทธิ์ในการป้องกันฟันผุ ลดการก่อตัวของคราบพลัค ควบคุมการเกิดหินน้ำลาย และบรรเทาอาการของโรคปริทันต์ พร้อมอธิบายกลไกการออกฤทธิ์ของสารแต่ละชนิด เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเลือกใช้ยาสีฟันได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการเฉพาะบุคคล

วัตถุประสงค์

1. ผู้อ่านสามารถอธิบายชนิดและกลไกการออกฤทธิ์ของสารออกฤทธิ์ที่ใช้ในยาสีฟันเพื่อป้องกันฟันผุ ลดการเกิดคราบพลัค ควบคุมการเกิดคราบหินน้ำลาย และบรรเทาอาการของโรคปริทันต์
2. ผู้อ่านสามารถเลือกใช้ยาสีฟันได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการส่วนบุคคล

บทนำ

ยาสีฟันจัดเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพในกลุ่มเครื่องสำอาง ใช้ร่วมกับแปรงสีฟันในการทำความสะอาดฟัน โดยมีหลายรูปแบบ เช่น ผง (powders) ของเหลว (liquids) หรือของเหลวข้น ซึ่งแบ่งย่อยได้เป็นเพสต์ (pastes) และเจล (gels) ส่วนประกอบของยาสีฟันสามารถจำแนกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ ส่วนประกอบพื้นฐาน และสารออกฤทธิ์ ส่วนประกอบพื้นฐานของยาสีฟัน เช่น สารขัดฟัน สารลดแรงตึงผิว สารช่วยให้เกิดฟอง

สารเพิ่มความหนืด สี และกลิ่นรส ซึ่งมีบทบาทในการเสริมคุณลักษณะด้านกายภาพ ความน่าใช้ และความพึงพอใจของผู้บริโภค ในขณะที่สารออกฤทธิ์จะมีผลต่อประสิทธิภาพหลักของยาสีฟันนั้น ๆ ดังนั้น การทำความเข้าใจสารออกฤทธิ์ในยาสีฟันจึงมีความสำคัญในการเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับปัญหาช่องปากแต่ละประเภท บทความนี้จะกล่าวถึงชนิดของสารออกฤทธิ์และกลไกการออกฤทธิ์ของสารแต่ละกลุ่มที่นิยมใช้ในยาสีฟัน เพื่อป้องกันฟันผุ ลดการเกิดคราบพลัค ควบคุมการก่อตัวของคราบหินปูน และบรรเทาอาการของโรคปริทันต์

โครงสร้างของฟัน (Structure of teeth)

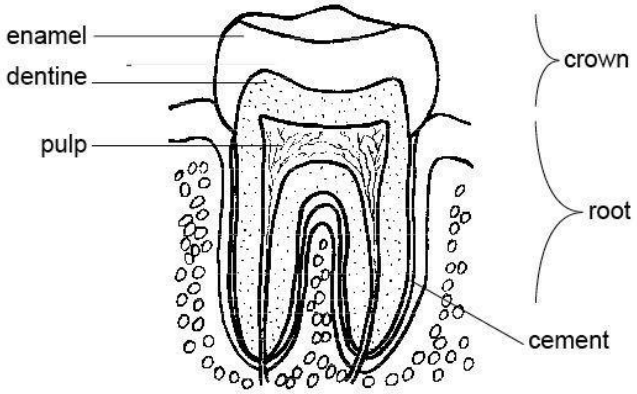
ก่อนกล่าวถึงกลไกการออกฤทธิ์ของสารในยาสีฟัน ขออธิบายโครงสร้างของฟันโดยสังเขป ฟันแต่ละซี่ประกอบด้วยโครงสร้างหลายชั้น ดังนี้

เคลือบฟัน (Enamel): เป็นชั้นนอกสุดของตัวฟัน (รูปที่ 1) มีสีขาวและความแข็งแรงสูง ช่วยให้ฟันทนต่อกรดและแรงบดเคี้ยว ความหนาประมาณ 2–3 มิลลิเมตร ประกอบด้วยสารอนินทรีย์ (inorganic compounds) ประมาณ 86% โดยปริมาตร(1) โดยมีแคลเซียมไฮดรอกซีอะพาไทต์ (calcium hydroxyapatite) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีสูตรทางเคมีคือ (Ca5(PO4)3(OH) หรือ Ca10(PO4)6(OH)2

เนื้อฟัน (Dentine): อยู่ถัดจากเคลือบฟัน เป็นชั้นที่มีสีเหลืองและมีความแข็งแรงน้อยกว่าเคลือบฟัน เนื่องจากประกอบด้วยสารอนินทรีย์ ประมาณ 55% โดยปริมาตร ส่วนที่เหลือเป็นสารอินทรีย์และน้ำ จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าเคลือบฟัน ภายในเนื้อฟันมีท่อเนื้อฟัน (dentinal tubules) ซึ่งเชื่อมต่อกับปลายประสาท

โพรงประสาทฟันและคลองรากฟัน (Pulp cavity and root canals):

เป็นบริเวณที่อยู่ภายในสุดของฟัน มีเซลล์สร้างเนื้อฟันที่เรียกว่า odontoblasts เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หลอดเลือด หลอดน้ำเหลือง และเส้นประสาท ซึ่งเชื่อมต่อเข้าสู่ฟันผ่านรูเปิดที่ปลายราก (apical foramen)



รูปที่ 1 โครงสร้างฟัน

ที่มา:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_and_physiology_of_animals_Stucture_of_tooth.jpg (รูปภาพนี้มีประเภทของใบอนุญาตเป็น CC BY ตามหลักเกณฑ์ของ Creative Commons 3.0)

ประเภทของสารออกฤทธิ์ในยาสีฟัน (Types of active substances used in toothpastes)

สารออกฤทธิ์ (Active substances) คือสารที่ช่วยในการป้องกันหรือบรรเทาปัญหาต่าง ๆ ในช่องปาก บทความนี้กล่าวถึงชนิดและกลไกของสารออกฤทธิ์ที่ใช้ในยาสีฟัน ซึ่งมุ่งเน้นการป้องกันฟันผุ การยับยั้งการเกิดคราบพลัค การควบคุมการก่อตัวของหินน้ำลาย และการบรรเทาอาการของโรคปริทันต์

1. สารป้องกันฟันผุ (Anti-caries or anti-cavity agents)

ฟันผุเกิดจากกรดแลกติกซึ่งเป็นผลจากกระบวนการหมัก (fermentation) ของเศษอาหาร โดยเฉพาะน้ำตาล โดยแบคทีเรียที่เกาะบนผิวฟันจะผลิตกรด ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่องปากลดลงต่ำกว่า 5.5 ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้เคลือบฟันและเนื้อฟันเริ่มเกิดการสลายแร่ธาตุ (demineralization) (1) โดยแบคทีเรียที่มีบทบาท คือ Mutans streptococci โดยชนิดที่เกี่ยวข้องกับฟันผุมากที่สุด คือ Streptococcus mutans และ Streptococcus sanguis นอกจากนี้ยังมี Lactobacillus species โดยชนิดที่เกี่ยวข้องกับฟันผุมากที่สุด คือ Lactobacillus casein

กลไกในการป้องกันฟันผุสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลไกหลัก ดังนี้:

1.1) การยับยั้งการสลายแร่ธาตุจากผิวฟัน (Inhibit demineralization)

จากที่กล่าวข้างต้น เคลือบฟันซึ่งเป็นชั้นนอกสุดของตัวฟัน มีองค์ประกอบหลักคือแคลเซียมไฮดรอกซีอะพาไทต์ [(calcium hydroxyapatite) : $Ca_5(PO_4)_3(OH)$ หรือ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] ซึ่งสามารถสลายตัวได้ในสภาวะ pH ต่ำกว่า 5.5 หรือที่เรียกว่าสภาวะวิกฤตของค่า pH (critical pH) (1) ดังสมการ (1)

$$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 \rightleftharpoons 10Ca^{2+} + 6PO_4^{3-} + 2OH^- \quad (1)$$

อัตราการสลายของผิวฟันในแต่ละบุคคลอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแร่ธาตุในโครงสร้างฟัน หากมีแร่ธาตุอื่น เช่น Mg^{2+}, Na^+, $(CO_3)^{2-}$ หรือ $(HPO_4)^{2-}$ เข้าแทรกในโครงสร้างฟันระหว่างการสร้างฟัน จะทำให้โครงสร้างมีความทนทานต่อกรดลดลง และสลายตัวได้ง่ายขึ้น

สารให้แคลเซียมและฟอสเฟต เช่น แคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) สามารถช่วยลดการสลายของเคลือบฟันได้ นอกจากนี้ OH^- ที่ได้จากกระบวนการข้างต้น ยังสามารถทำปฏิกิริยากับกรดในช่องปาก เช่น กรดแลกติก (lactic acid) ซึ่งเกิดจากการย่อยคาร์โบไฮเดรตโดยแบคทีเรีย เช่น Streptococcus mutans และ Lactobacillus spp. ซึ่งช่วยลดความเป็นกรดในช่องปากได้

1.2) การส่งเสริมกระบวนการสร้างแร่ธาตุคืนกลับบนผิวฟัน (Enhance remineralization)

กระบวนการสร้างแร่ธาตุกลับคืน (remineralization) เป็นการซ่อมแซมความเสียหายบนผิวฟัน ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการสูญเสียแร่ธาตุ ฟลูออไรด์ (fluoride) เป็นสารออกฤทธิ์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการนี้ โดยการ

เข้าทำปฏิกิริยากับเคลือบฟัน ดังสมการ (2) หรือ (3) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ของช่องปากสูงกว่าสภาวะความเป็นกรด-ด่างวิกฤต ในสภาวะนี้ F^- จะเข้าแทรกในโครงสร้างฟันได้ดีกว่า OH^- และสารประกอบที่ได้ เช่น fluorapatite และ fluorohydroxyapatite มีความแข็งแรงและความต้านทานต่อการละลายกรดสูงกว่า hydroxyapatite โดย fluorapatite จะทนต่อการสลายได้ใน pH ที่ต่ำกว่าปกติ (ประมาณ 4.5–5.0) ขณะที่ hydroxyapatite จะเริ่มสลายที่ pH 5.5

$$\underset{\text{(hydroxyapatite)}}{Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2} + F \longrightarrow \underset{\text{(fluorohydroxyapatite)}}{Ca_{10}(PO_4)_6(OH)F} + OH^- \quad (2)$$

$$\underset{\text{(hydroxyapatite)}}{Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2} + 2F \longrightarrow \underset{\text{(fluorapatite)}}{Ca_{10}(PO_4)_6F_2} + 2OH^- \quad (3)$$

ฟลูออไรด์ที่นิยมใช้ในยาสีฟันมีหลายรูปแบบ ได้แก่ สแตนนัสฟลูออไรด์ (stannous fluoride; SnF_2), โซเดียมโมโนฟลูออโรฟอสเฟต (sodium monofluorophosphate หรือ NaMFP; Na_2PO_3F) โซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride; NaF) และแคลเซียมฟลูออไรด์ (calcium fluoride; CaF_2) เป็นต้น ในประเทศไทย เดิมกำหนดให้มีฟลูออไรด์ในยาสีฟัน โดยคำนวณในรูปฟลูออไรด์ หากใช้สารประกอบของฟลูออไรด์หลายชนิดร่วมกัน ปริมาณของฟลูออไรด์รวมทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 0.11% โดยน้ำหนัก[2] หรือเทียบเท่ากับปริมาณฟลูออไรด์ 1,100 ppm และต้องได้รับอนุญาตจากองค์การอาหารและยา หรือ อย. ต่อมาในปี พ.ศ. 2562 ได้ปรับเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ในยาสีฟันคำนวณในรูปฟลูออไรด์ โดยหากใช้สารประกอบของฟลูออไรด์หลายชนิดร่วมกัน ปริมาณของฟลูออไรด์รวมทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 0.15% โดยน้ำหนัก หรือ 1,500 ppm[3] พร้อมแนวทางการใช้ตามช่วงอายุและระดับความเสี่ยงต่อฟันผุ ดังนี้:

ช่วงอายุ	ความเสี่ยงฟันผุ	ความเข้มข้นฟลูออไรด์ที่แนะนำ
< 3 ปี	ต่ำ – สูง	1,000 ppm
< 3 ปี	สูงมาก	1,500 ppm
3 - < 6 ปี	ต่ำ	1,000 ppm
3 - < 6 ปี	สูง – สูงมาก	1,500 ppm
≥ 6 ปี	ทุกระดับ	1,500 ppm

ในกรณีที่ผู้ป่วยมีความเสี่ยงสูงมาก เช่น มีฟันผุหลายซี่ หรือมีประวัติการผุบริเวณรากฟัน อาจมีความจำเป็นต้องใช้ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ในระดับสูง ถึง 5,000 ppm ซึ่งต้องอยู่ภายใต้การดูแลของทันตแพทย์[4]

สารบางชนิดออกฤทธิ์ป้องกันฟันผุได้ทั้งกลไกการยับยั้งการสลายแร่ธาตุจากตัวฟัน และกลไกการส่งเสริมกระบวนการสร้างแร่ธาตุคืนกลับบนผิวฟัน เช่น แคลเซียมฟลูออไรด์ (calcium fluoride), แคลเซียมโมโนฟลูออโรฟอสเฟต (calcium monofluorophosphate) นอกจากนี้ ยังมีสารเคซีนฟอสโฟเพปไทด์-อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต (casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate; CPP-ACP) ซึ่งจำหน่ายภายใต้ชื่อการค้า Recaldent® (Cadbury Enterprises, Australia)

ข้อควรระวังของการใช้ฟลูออไรด์ คือ ฟลูออไรด์สามารถเกิดปฏิกิริยากับผงขัดที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุลดลง เนื่องจากฟลูออไรด์จะจับตัวกับแคลเซียมกลายเป็นสารที่ไม่สามารถละลายหรือเข้าสู่โครงสร้างของผิวฟันได้ จึงต้องพิจารณาการเลือกใช้ผงขัดที่เหมาะสมในสูตรตำรับ

1.3) การเพิ่มสภาวะความเป็นกรดด่างในช่องปาก (Increase pH)

ตามที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ต่ำกว่า 5.5 จะส่งผลให้เคลือบฟันเริ่มสลายตัว ดังนั้น การคงสภาพความเป็นกลางหรือเพิ่มค่า pH ในช่องปากให้สูงขึ้นจึงเป็นอีกกลไกที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุ สารที่นิยมใช้ เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) หรือเบกกิ้งโซดา (bakin soda) เมื่อสารนี้ละลายน้ำจะให้ไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับกรด หรือไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในช่องปาก ช่วยลดความเป็นกรดและเพิ่มความเป็นด่างในช่องปาก[5]

2. สารป้องกันการเกิดพลัค (Antiplaque)

คราบพลัค (plaque) หรือ แผ่นคราบจุลินทรีย์ (biofilm) เป็นฟิล์มบางที่ไม่มีสี มีลักษณะเหนียว เกิดจากกระบวนการทางชีวภาพภายในช่องปาก โดยเริ่มต้นจาก ชั้นเพิลลิเคิล (pellicle layer) ซึ่งเป็นชั้นบางที่เกิดจากไกลโคโปรตีนในน้ำลายดูดซับบนผิวฟันหรือพื้นผิวในช่องปาก ชั้นนี้มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จึงเอื้อต่อการยึดเกาะของแบคทีเรีย

หลังจากการยึดเกาะ (bacterial adhesion) ระยะแรก แบคทีเรียจะดึงดูดให้แบคทีเรียชนิดอื่นเข้ามาสมทบในระยะ ตั้งอาณานิคม (colonization) ก่อนที่จะแบ่งตัวและเพิ่มจำนวน โดยอาศัยน้ำตาลจากเศษอาหารเป็นแหล่งพลังงาน และสร้างสารจำพวกพอลิเมอร์และขับออกมานอกเซลล์ (extracellular polymeric substances; EPS) เช่น พอลิแซคคาไรด์ กรดนิวคลิอิก และโปรตีน เพื่อช่วยยึดเกาะแน่นขึ้น ส่งผลให้คราบพลัคหนาขึ้นตามลำดับ เมื่อแผ่นคราบมีความหนาถึงระดับหนึ่ง แบคทีเรียบางชนิดจะผลิตเอนไซม์ที่ทำลายโครงสร้าง EPS เพื่อปล่อยเซลล์ให้หลุดลอยไปยึดเกาะยังพื้นผิวใหม่[6]

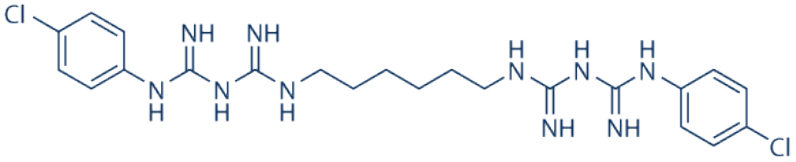
ในสภาพปกติ น้ำลายจะช่วยรักษาสมดุลค่า pH ผ่านระบบบัฟเฟอร์ของไบคาร์บอเนต–กรดคาร์บอนิก และแร่ธาตุแคลเซียม–ฟอสเฟต อย่างไรก็ตาม คราบพลัคที่หนาปกคลุมผิวฟันจะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของระบบบัฟเฟอร์ และลดการสร้างแร่ธาตุคืนกลับ (remineralization) บนผิวฟัน สารที่ป้องกันการเกิดพลัคมีกลไกการออกฤทธิ์ ดังนี้

2.1) การต้านแบคทีเรีย (Antibacterial mechanism)

แบคทีเรียในช่องปากแบ่งได้เป็นแกรมบวกและแกรมลบ ซึ่งมีโครงสร้างผนังเซลล์แตกต่างกัน โดยทั่วไปโครงสร้างของผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก จะมี 2 ชั้น มีเปลือกนอกเป็นผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งประกอบด้วยสาร เพปทิโดไกลแคน (peptidoglycan) และมีความหนา ชั้นในจะเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane หรือ plasma membrance) ซึ่งทั้ง 2 ชั้นนี้พบกรดอินทรีย์ที่ชื่อว่า กรดไลโปเทคโคอิค (lipoteichoic acid) ฝังตัวอยู่ ขณะที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบ ประกอบด้วย 3 ชั้น ชั้นในสุดจะเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ ถัดออกมาเป็นผนังเซลล์คล้ายโครงสร้างของแบคทีเรียแกรมบวกแต่บางกว่า และไม่พบกรดไลโปเทคโคอิค ส่วนชั้นนอกสุดจะมีโครงสร้างที่ห่อหุ้มเซลล์อีกชั้น เรียกว่า envelop ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ ไลโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide) ทั้งกรดไลโปเทคโคอิค ในกรณีของแบคทีเรียแกรมบวก และไลโปโพลีแซคคาไรด์ ในกรณีของแบคทีเรียแกรมลบ มีประจุลบ เมื่อใช้สารที่มีประจุบวก เช่น เกลือแอมโมเนียม หรือคลอร์เฮกซิดีน จะสามารถแลกเปลี่ยนประจุกับไอออนของโลหะหนัก (เช่น $Ca^{2+,}$ Mg^{2+}) ที่ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพของผนังเซลล์แบคทีเรีย ทำให้เกิดความไม่เสถียร และสารอื่นสามารถแทรกซึมเข้าเซลล์ได้

สารที่นิยมใช้ในการต้านแบคทีเรียที่ทำให้เกิดคราบพลัค คือ คลอร์เฮกซิดีน (chlorhexidine) ไตรโคลซาน (triclosan) เซทิลไพริดีเนียมคลอไรด์ (cetylpyridinium chloride) ไอออนของโลหะ (Metal ions) และน้ำมันหอมระเหย (volatile oil)

คลอร์เฮกซิดีน (Chlorhexidine) เป็นสารกลุ่ม bis-biguanide โครงสร้างทางเคมีแสดงดังรูปที่ 2 เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ที่ใช้ทั่วไปในยาสีฟันจะอยู่ในรูปกลูโคเนตซึ่งมีการละลายน้ำที่ดีกว่า ที่สภาวะกรดด่างมากกว่า 3.5 อะตอมของไนโตรเจนของคลอร์เฮกซิดีนแสดงประจุเป็นบวก คลอร์เฮกซิดีนที่ความเข้มข้นต่ำออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย (bacteriostatic) โดยกลไกการแลกเปลี่ยนกับไอออนของโลหะหนัก Ca^{2+}, Mg^{2+} ส่วนที่ความเข้มข้นสูง ออกฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย (bactericidal) โดยจับกับหมู่ฟอสเฟต ของสารฟอสโฟไลปิดของผนังเซลล์ ทำให้ cell wall หรือ envelop รั่ว สารอื่นๆ อาจผ่านเข้าสู่เซลล์ได้ คลอร์เฮกซิดีนออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้หลายกลุ่ม (broad-spectrum antibacterial agent) ประสิทธิภาพของสารกลุ่มนี้ค่อนข้างสูง เนื่องจากสามารถดูดซับบนผิวฟัน เยื่อเมือก และไกลโคโปรตีนจากน้ำลายชนิดกรด ทำให้อยู่ในช่องปากได้นาน แต่ข้อเสียคือ มักเกิดความไม่เข้ากันกับสารอื่นในตำรับ ติดสีบนผิวฟันเมื่อใช้นาน 4-6 สัปดาห์[7] และหากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานอาจทำให้การรับรสเปลี่ยนไป



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของคลอร์เฮกซิดีน

ไตรโคลซาน (Triclosan) หรือ 2, 4, 4-trichloro 2-hydroxydiphenyl ether ไม่พบข้อเสียเหมือนคลอร์เฮกซิดีน แต่ประสิทธิภาพด้อยกว่าคลอร์เฮกซิดีน เนื่องเป็นสารที่ไม่มีประจุ ทำให้การเกาะกับเนื้อเยื่อช่องปากน้อยกว่าคลอร์เฮกซิดีน แต่ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงการเกาะติด โดยนำมาผสมกับพอลิเมอร์บางชนิด เช่น polyvinyl-methyl ether maleic acid copolymer นอกจากนี้การใช้ไตรโคลซานร่วมกับซิงค์ซิเตรท (zinc citrate) หรือไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate) ยังช่วยเพิ่มการเกาะติดในช่องปาก และ/หรือคุณสมบัติการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย[8]

เซทิลไพริดีเนียมคลอไรด์ (Cetylpyridinium chloride) ชื่อทางเคมี 1-hexadecylpyridinium chloride เป็นสารกลุ่ม quaternary ammonium compounds ซึ่งมีประจุบวก มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย นั่นคือ กรดไลโปเทคโคอิคในกรณีของแบคทีเรียแกรมบวก หรือองค์ประกอบของไลโปโพลีแซคคาไรด์ในกรณีของแบคทีเรียแกรมลบ เนื่องจากเซทิลไพริดีเนียมคลอไรด์มีประจุบวก จึงทำให้ยึดเกาะเยื่อเมือกในช่องปากได้ดี จากการศึกษาของ Bonesvoll และ Gjermo[9] โดยการให้อาสาสมัครกลั้วช่องปากด้วยเซทิลไพริดีเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร หรือเทียบเท่ากับร้อยละ 0.067 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นาน 1 นาที โดยกลั้วช่องปากวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ตัวยาค้างอยู่ในช่องปากร้อยละ 65 ของขนาดยาที่ให้[9] นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าเซทิลไพริดีเนียมคลอไรด์คงอยู่ในช่องปากนาน 3-5 ชั่วโมง[10]

สารที่เป็นไอออนของโลหะ (Metal Ions)

สารกลุ่มไอออนของโลหะที่ใช้ในยาสีฟันเพื่อป้องกันการเกิดคราบพลัค ได้แก่ สังกะสี (zinc; Zn^{2+}), สแตนนัส (stannous; Sn^{2+})

เกลือสังกะสี (Zinc salts) เช่น ซิงค์คลอไรด์ (zinc chloride) ซิงค์ซิเตรต (zinc citrate) ซิงค์แลคเตท (zinc lactate) ซิงค์ซัลเฟต (zinc sulphate) สารกลุ่มนี้มีกลไกการทำงานโดยยับยั้งการยึดเกาะของแบคทีเรียบนผิวฟัน และ ยับยั้งกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ซึ่งครอบคลุมกระบวนการสังเคราะห์และสลายของแบคทีเรียในช่องปาก[11] ส่งผลให้การตั้งอาณานิคมของจุลินทรีย์ลดลง และลดการสร้างคราบพลัคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สแตนนัส (Stannous) สแตนนัสออกฤทธิ์โดยยับยั้งการยึดเกาะของแบคทีเรียบนพื้นผิวฟัน (inhibit the adhesion of bacterial to surface) ยับยั้งการตั้งอาณานิคมของแบคทีเรีย (inhibition of bacterial colonization) นอกจากนี้ ยังพบว่าสแตนนัสสามารถแทรกซึมเข้าสู่ไซโตพลาสซึมของแบคทีเรีย และรบกวนกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ ในผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปาก สแตนนัสมักใช้ในรูป stannous fluoride หรือใช้ร่วมกับ ammonium fluoride เพื่อเสริมฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์และเสริมการป้องกันฟันผุ

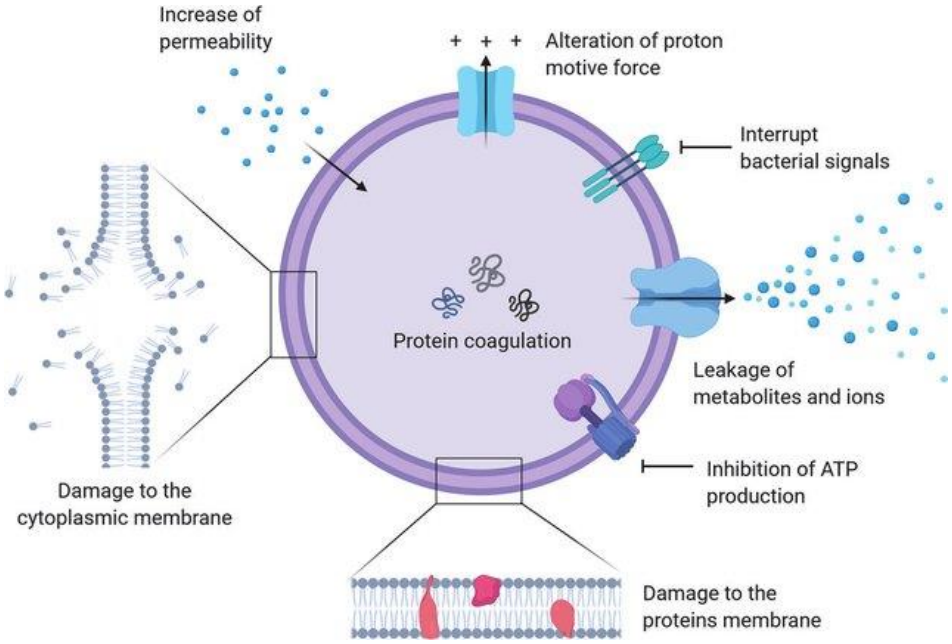
น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) น้ำมันหอมระเหยเป็นสารประกอบจากธรรมชาติในกลุ่มสารทุติยภูมิของพืช ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสิ่งคุกคามต่างๆ เช่น แมลง เชื้อโรคพืช โดยมีลักษณะเป็นของเหลวที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว น้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น ไฮโดรคาร์บอนเทอร์ปีน (hydrocarbon terpenes) แอลดีไฮด์ (aldehydes) คีโตน (ketones) อีพอกไซด์ (epoxides) แอลกอฮอล์ (alcohols) เอสเทอร์ (esters) เป็นต้น[12] น้ำมันหอมระเหยที่นิยมใช้ในยาสีฟัน (ตารางที่ 1) ได้แก่ น้ำมันกานพลู (clove oil) น้ำมันลาเวนเดอร์ (lavender oil) น้ำมันยูคาลิปตัส (eucalyptus oil) น้ำมันอบเชย (cinnamon oil) และน้ำมันเลม่อน (lemon oil) กลไกการออกฤทธิ์ขึ้นกับองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

ตารางที่ 1 ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่มักพบในยาสีฟัน[12, 13]

ชนิดของน้ำมันหอมระเหย	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ชื่อวงศ์)	สารสำคัญ
Lavender oil	*Lavandula angustifolia*, *Lavandula stoechas* (Lamiaceae)	linalool, linalyl acetate, 1,8-cineole, B-ocimene, terpinen-4-ol, l-fenchone, camphor, and viridiflorol
Eucalyptus oil	*Eucalyptus odorata* *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae)	1,8-cineole followed by cryptone, α-pinene, p-cymene, α-terpineol, trans-pinocarveol, phellandral, cuminal, globulol, limonene, aromadendrene, spathulenol, and terpinene-4-ol
Peppermint oil	*Mentha piperita* (Lamiaceae)	Menthol, menthyl acetate and menthofuran
Tea tree oil	*Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae)	terpinen-4-ol, γ-terpinene, p-cymene, α-terpinene, 1,8-cineole, α-terpineol, and α-pinene
Clove bud oil	*Syzygium aromaticum* (L.) Merr.& L.M.Perry, *Caryophyllus aromatica* L. ; *Eugenia aromatica* (L.) Baill; *Eugenia Caryophylla* (Spreng.) Bullock et	phenylpropanoids eugenol, eugenyl acetate, carvacrol, thymol, cinnamaldehyde, β-caryophyllene, and 2-heptanone

ชนิดของน้ำมันหอมระเหย	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ชื่อวงศ์)	สารสำคัญ
	Harrison; *Eugenia caryophyllata* Thunb (Myrtaceae)	
Cinnamon oil	*Cinnamomum zeylanicum, Cinnamomum verum, Cinnamomum cassia* (Lauraceae)	trans-cinnamaldehyde, eugenol, linalool, caryophyllene, cinnamaldehyde, eugenol, camphor, cinnamyl acetate, linalool
Lemon oil	*Citrus limonum* (also known as *Citrus Limon*) (Rutaceae)	aldehydes, terpenes, esters, and sesquiterpenes
Spearmint oil	*Mentha spicata* (Lamiaceae)	carvyl acetate, carvone, 1,8 cineol, cis-carveol, cissabinene hydrate limonene, and cis-dihydrocarvone

โดยทั่วไปน้ำมันหอมระเหยสามารถแทรกซึมเข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย ทำให้ความเป็นอยู่ของเมมเบรนเปลี่ยนแปลง ทำให้โครงสร้างผนังเซลล์เสียหาย ทำให้สารภายในเซลล์ เช่น โปรตีน หรือโพแทสเซียมรั่วไหลออกมา ส่งผลให้เซลล์แบคทีเรียตาย ยับยั้งการสื่อสารระหว่างเซลล์ของแบคทีเรีย (interrupt quorum sensing signals) ทำให้เกิดการรวมตัวกันของโปรตีนในไซโตพลาสซึม (cytoplasmic protein coagulation) ยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงาน (inhibition of ATP-production enzymes) รบกวนการขนส่งไอออน (alteration in ion transport) และทำลายผนังเซลล์และเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึม (cytoplasmic membrane destruction) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กลไกทั่วไปของการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหย[14]

(รูปภาพนี้ มีประเภทของใบอนุญาตเป็น CC BY ตามหลักเกณฑ์ของ Creative Commons 3.0)

2.2) ยับยั้งเอนไซม์ (Inhibition of enzymes)

สารบางชนิดสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง pellicle และการเกิดพลัค เช่น ยับยั้งเอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรส (glucosyltransferase) และ ฟลุกโตซิลทรานสเฟอเรส (fructosyltransferase) เอนไซม์เหล่านี้ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลซูโครส (sucrose) เป็นกลูแคน (glucan) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของชั้น pellicle ที่แบคทีเรียใช้ในการยึดเกาะผิวฟัน ตัวอย่างของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์กลุ่มนี้ ได้แก่ โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate)

2.3) เคลือบผิวฟัน (Enamel coating)

การเคลือบผิวฟันสามารถช่วยลดการยึดเกาะของแบคทีเรียโดยทำให้ผิวฟันมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) ส่งผลให้แบคทีเรียเกาะติดได้ยากขึ้น ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ ได้แก่ โพลิไวนิลไพโรลิโดน (Polyvinylpyrrolidone)

3. สารควบคุมการเกิดคราบหินน้ำลาย หรือหินปูน (Tartar formation control)

หากคราบพลัคไม่ได้รับการกำจัด จะเกิดการสะสมของแคลเซียมทำให้พลัคแข็งตัว กลายเป็นคราบหินปูน (tartar) สารที่ช่วยควบคุมการเกิดคราบหินปูนมักอยู่ในกลุ่ม ไพโรฟอสเฟต (Pyrophosphate compounds) เช่น เตตระโซเดียม ไพโรฟอสเฟต (tetra sodium pyrophosphate; TSPP, $Na_4P_2O_7$),เตตระ

โพแทสเซียม ไพโรฟอสเฟต (tetra-potassium pyrophosphate; TKPP, $K_4P_2O_7$) และ ไดโซเดียม ไดไฮโดรเจน ไพโรฟอสเฟต (disodium dihydrogen pyrophosphate, , $Na_2H_2P_2O_7$) กลไกการทำงานของสารกลุ่มไพโรฟอสเฟตในการควบคุมการเกิดคราบหินปูน คือ

3.1) การจับกับแคลเซียมไอออน (Calcium chelation)

ไพโรฟอสเฟตมีโครงสร้างของหมู่ฟอสเฟตสองหมู่เชื่อมกันด้วยพันธะฟอสโฟ-ออกซี-ฟอสเฟต (P–O–P) ซึ่งสามารถจับกับแคลเซียมอิสระในน้ำลายได้ จึงลดโอกาสที่แคลเซียมจะสร้างผลึกกับฟอสเฟตซึ่งเป็นต้นกำเนิดของหินปูน[15]

สารกลุ่มไพโรฟอสเฟต ($P_2O_7^{4-}$) สารประกอบของฟอสเฟตที่มีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟต 2 หมู่เชื่อมกันด้วยพันธะฟอสโฟ-ออกซี-ฟอสเฟต (P–O–P) ซึ่งสามารถจับกับแคลเซียมอิสระในน้ำลายได้ จึงลดโอกาสที่แคลเซียมจะสร้างผลึกกับฟอสเฟตซึ่งเป็นต้นกำเนิดของหินปูน[15]

3.2) การยับยั้งการตกผลึก (Crystal growth inhibition)

ไพโรฟอสเฟตสามารถแทรกเข้าในผลึกของแคลเซียมฟอสเฟตระหว่างที่กำลังก่อตัว และรบกวนการจัดเรียงตัวของผลึก ส่งผลให้ผลึกไม่สมบูรณ์และไม่สามารถเติบโตจนกลายเป็นหินปูนได้[15, 16]

4. สารช่วยลดอาการของโรคปริทันต์ (Periodontal disease control)

โรคปริทันต์เป็นภาวะที่เกิดกับเนื้อเยื่อรอบฟัน ได้แก่ เหงือก เคลือบรากฟัน กระดูกเบ้าฟัน และเอ็นยึดรากฟัน โดยแบ่งตามความรุนแรงเป็นได้เป็น 2 ประเภท คือ โรคเหงือกอักเสบ (Gingivitis) และปริทันต์อักเสบ (Periodontitis) คราบพลัคที่เกิดบริเวณขอบเหงือกจะส่งผลให้เกิดโรคเหงือกอักเสบ ซึ่งมีอาการบวม แดง เลือดออกขณะแปรงฟัน การเกิดเหงือกอักเสบสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ แต่หากปล่อยไว้นานอาการมากขึ้นเกิดเหงือกร่น ฟันโยก เลือดออก และอาจเกิดหนอง และอาจลามไปยังกระดูกรองรับรากฟัน เคลือบรากฟัน และเอ็นยึดรากฟันกับกระดูกเบ้าฟัน ซึ่งจะเรียกว่าเป็นโรคปริทันต์อักเสบ โดย *Porpyromonas gingivalis*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* และ *Tannerella forsythia* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบที่ไม่ใช้ออกซิเจน มีบทบาทสำคัญในการดำเนินของโรคปริทันต์

ดังนั้น สารที่ป้องกันอาการโรคปริทันต์ มักเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย (antibacterial compounds) เช่น คลอร์เฮกซิดีน ไตรโคซาน เซทิลไพริดีเนียมคลอไรด์ หรือสมุนไพรกานพลู (clove) (17) เอ็กไคนาเซีย (echinacea) (18) นอกจากนี้ สารที่มีฤทธิ์ต้านอักเสบ (anti-inflammation) เช่น คาโมมายล์ (chamomile) (19) ที่กล่าวข้างต้นยังสามารถใช้ป้องกันได้

สรุป

สารออกฤทธิ์ในยาสีฟันมีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขอนามัยช่องปาก โดยมีหน้าที่ในการป้องกันฟันผุ ป้องกันการเกิดคราบพลัค ควบคุมการเกิดคราบหินปูน และลดอาการของโรคปริทันต์ เป็นต้น การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ยาสีฟันจึงควรพิจารณาส่วนประกอบที่สอดคล้องกับปัญหาสุขภาพช่องปากของแต่ละบุคคล เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดูแลสุขภาพช่องปากสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

1. Amaechi BT, van Loveren C. Fluorides and non-fluoride remineralization systems. Monogr Oral Sci. 2013;23:15-26. doi:10.1159/000350458

2. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดชื่อ ปริมาณ และเงื่อนไขของวัตถุที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง พ.ศ. 2561. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 135 ตอนพิเศษ 132 ง (ลงวันที่ 29 เมษายน 2561)

3. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดชื่อ ปริมาณ และเงื่อนไขของวัตถุที่อาจใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2562. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 137 ตอนพิเศษ 37 ง (ลงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2563)

4. Srinivasan M, Schimmel M, Riesen M, Ilgner A, Wicht MJ, Warncke M, et al. High-fluoride toothpaste: a multicenter randomized controlled trial in adults. Community Dent Oral Epidemiol. 2014;42(4):333–40. doi:10.1111/cdoe.12090

5. Ericsson Y. Clinical investigations of the salivary buffering action. Acta Odontol Scand. 1959;17:131–65. doi:10.3109/00016355908993928

6. Boonbumrung K. Biofilm: Impact on public health. J Med Tech Assoc Thailand. 2018;46(2):6459–71.

7. James P, Worthington HV, Parnell C, Harding M, Lamont T, Cheung A, et al. Chlorhexidine mouthrinse as an adjunctive treatment for gingival health. Cochrane Database Syst Rev. 2017;3(3):CD008676. doi:10.1002/14651858.CD008676.pub2

8. Sanz M, Serrano J, Iniesta M, Cruz IS, Herrera D. Antiplaque and antigingivitis toothpastes. Monogr Oral Sci. 2013;23:27-44. doi:10.1159/000350465

9. Bonesvoll P, Gjermo P. A comparison between chlorhexidine and some quaternary ammonium compounds with regard to retention, salivary concentration and plaque-inhibiting effect in the human mouth after mouth rinses. Arch Oral Biol. 1978;23(4):289–94. doi: 10.1016/0003-9969(78)90021-3

10. Roberts WR, Addy M. Comparison of the in vivo and in vitro antibacterial properties of antiseptic mouthrinses containing chlorhexidine, alexidine, cetyl pyridinium chloride and hexetidine. Relevance to mode of action. J Clin Periodontol. 1981;8(4):295–310. doi: 10.1111/j.1600-051x.1981.tb02040.x.

11. Tinanoff N. Review of the antimicrobial action of stannous fluoride. J Clin Dent. 1990;2(1):22–7.

12. Dagli N, Dagli R, Mahmoud RS, Baroudi K. Essential oils, their therapeutic properties, and implication in dentistry: A review. J Int Soc Prev Community Dent. 2015;5(5):335–40.

13. Singh I, Kaur P, Kaushal U, Kaur V, Shekhar N. Essential oils in treatment and management of dental diseases. Biointerface Res Appl Chem. 2022;12(6):7267–86. doi:10.33263/briac126.72677286

14. Carneiro VA, Melo RA, Pereira AMG, Azevedo AMA, Matos MNC, Cavalcante RMB, et al. Essential oils as an innovative approach against biofilm of multidrug-resistant Staphylococcus aureus [Internet]. In: Bacterial Biofilms. London: IntechOpen; 2020 [cited 2025 June 25]. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.91833

15. Levine RS. Pyrophosphates in toothpaste: a retrospective and reappraisal. Br Dent J. 2020;229(10):687–9. doi:10.1038/s41415-020-2346-4

16. Moreno EC, Aoba T, Margolis HC. Pyrophosphate adsorption onto hydroxyapatite and its inhibition of crystal growth. Compend Suppl. 1987;(8):S256–8, S260, S262–6.

17. Nayak Y, Kumar R, Sharma H, Sahu GK. A review on eugenol as a key component in clove oil toothpaste: Benefits and applications. Int J Sci Res Eng Manag. 2024;8(12):1–8. doi:10.55041/IJSREM40072

18. Yazdanian M, Rostamzadeh P, Alam M, Abbasi K, Tahmasebi E, Tebyaniyan H, et al. Evaluation of antimicrobial and cytotoxic effects of Echinacea and Arctium extracts and Zataria essential oil. AMB Express. 2022;12(1):75. doi:10.1186/s13568-022-01417-7

19. Abbasi F, Khazaei S, Motamayel FA. Evaluation of pharmaceutical use of chamomile in dentistry: A review. J Craniomax Res. 2022;9(3):110–7.

.