

ANTI-AGGREGATIBACTER ACTINOMYCETEMCOMITANS EFFECT OF PHOTODYNAMIC THERAPY USING CURCUMA LONGA EXTRACT GEL ACTIVATED BY BLUE LIGHT WITH DIFFERENT LIGHT INTENSITIES AND LIGHT GUIDE DESIGNS IN: AN IN VITRO STUDY

Doosadee HORMDEE¹, Chantida PAWAPUTANON NA MAHASARAKHAM¹ and Namtip TECHORUEANGWIWAT^{1*}

¹ Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand; Namtip.t@kkumail.com (N. T.) (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 21 April 2023

Revised: 10 May 2023

Published: 22 May 2023

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of using curcumin gel as a photosensitizer in reducing the bacterial load of *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* when stimulated with blue light from a dental light-curing unit. The study also compared the effectiveness of using a newly developed light guide for ease of insertion into the periodontal pocket and the higher light intensity emitted from light curing-units. The results of this study revealed that the newly developed acrylic light guide provide the highest power compared to light guide made from glass, 3-4 times higher when used with a light-curing unit of equal light intensity, and power output varies according to the light intensity form light curing-units. However, the result of stimulating curcumin gel at a concentration of 62.5 µg/g using a light-curing unit with a higher light intensity of 2200-3000 mW/cm² was comparable to that of using a dental curing unit with light intensity of 1000-1200 mW/cm² in inhibiting the growth of *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* at 0, 24, 36, and 48 hours ($p > 0.05$). Therefore, the newly developed light guide can be used in conjunction with dental curing unit to stimulate curcumin gel in the treatment of periodontitis using the photodynamic therapy and its antimicrobial effect is comparable to that of the previous light guide made from glass rod.

Keywords: Light Guide, Photodynamic, Curcumin Gel, Periodontitis

CITATION INFORMATION: Hormdee, D., Pawaputanon Na Mahasarakham, C., & Techorueangwiwat, N. (2023). Anti-Aggregatibacter Actinomycetemcomitans Effect of Photodynamic Therapy Using Curcuma Longa Extract Gel Activated by Blue Light with Different Light Intensities and Light Guide Designs in: An in Vitro Study. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(5), 31.

ผลการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย แอวกาศในหม้อซีเทมโคมิแทนส์ ด้วยกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิกโดยมีสารไวแสงจากเจลสกัดขมิ้นชัน เมื่อกระตุ้นด้วยแสงสีฟ้าจากเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมโดย มีความเข้มแสง และปลายท่อนำแสงต่างกัน: การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ดุษฎี หอมดี¹, จันทรีธิดา ภาวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม¹ และ น้ำทิพย์ เตโชเรืองวิวัฒน์¹

¹ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; Namtip.t@kkumail.com (น้ำทิพย์) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของการใช้สารสกัดขมิ้นชันด้วยรูปแบบเจลเป็นสารไวแสงในการลดเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย แอวกาศในหม้อซีเทมโคมิแทนส์ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงสีฟ้าจากเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมในกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิก โดยศึกษาเปรียบเทียบเมื่อใช้ร่วมกับหัวนำแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่เพื่อให้สะดวกต่อการใช้จริงในคลินิก รวมถึงเปรียบเทียบความเข้มแสงของเครื่องฉายแสงที่ต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าผลิตขึ้นใหม่จากการขึ้นรูปอะคริลิก ชนิดบ่มเองให้กำลังแสงที่สูงที่สุด โดยมากกว่าปลายท่อนำแสงที่ทำขึ้นจากแก้วประมาณ 3-4 เท่า เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงเท่ากัน โดยกำลังแสงที่ได้จะแปรผันตามความเข้มแสงของเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม และผลของการฉายแสงกระตุ้นเจลขมิ้นชันความเข้มชั้น 62.5 ไมโครกรัมต่อกรัม ด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงสูง 2200-3000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ให้ผลเท่ากับการฉายด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสง 1000-1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย แอวกาศในหม้อซีเทมโคมิแทนส์ ที่เวลา 0, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ($p > 0.05$) ดังนั้นปลายท่อนำแสงชนิดใหม่สามารถใช้ร่วมกับเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมเพื่อกระตุ้นเจลขมิ้นชันในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบด้วยกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิก โดยให้ผลการลดเชื้อไม่แตกต่างกับการใช้ปลายท่อนำแสงที่ทำมาจากแก้ว

คำสำคัญ: ปลายท่อนำแสง, โฟโตไดนามิก, เจลขมิ้นชัน, โรคปริทันต์อักเสบ

ข้อมูลอ้างอิง ดุษฎี หอมดี, จันทรีธิดา ภาวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม และ น้ำทิพย์ เตโชเรืองวิวัฒน์. (2566). ผลการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย แอวกาศในหม้อซีเทมโคมิแทนส์ ด้วยกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิกโดยมีสารไวแสงจากเจลสกัดขมิ้นชัน เมื่อกระตุ้นด้วยแสงสีฟ้าจากเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมโดยมีความเข้มแสง และปลายท่อนำแสงต่างกัน: การศึกษาในห้องปฏิบัติการ. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(5), 31.

บทนำ

โรคปริทันต์อักเสบ (periodontitis) เป็นหนึ่งในโรคที่สามารถทำให้เกิดการสูญเสียฟันจากการอักเสบและการถูกทำลายอวัยวะรอบรากฟัน (periodontium) โดยมีสาเหตุหลักมาจากเชื้อก่อโรคปริทันต์ (periodontopathic bacteria) ในคราบจุลินทรีย์ (microbial plaque) (Kinane, 2001) ซึ่งทำการรักษาได้ด้วยการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน (conventional therapy) ร่วมกับการควบคุมดูแลความสะอาดช่องปากด้วยตัวเองของผู้ป่วย อย่างไรก็ตามในผู้ป่วยบางรายที่มีภาวะโรคปริทันต์รุนแรงการรักษาด้วยการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันอาจไม่เพียงพอในการกำจัดคราบจุลินทรีย์และหินน้ำลายที่อยู่ใต้เหงือกได้หมด เช่น ในตำแหน่งที่มีร่องปริทันต์ลึกกว่า 4 มิลลิเมตร หรือในบริเวณที่มีความวิการของกระดูกเบ้าฟัน (osseous defect) ทำให้ไม่สามารถมองเห็นและนำเครื่องมือลงไปทำความสะอาดได้อย่างละเอียด (Cobb, 1996; Rabbani et al., 1981; Stambaugh et al., 1981) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากเชื้อก่อโรคปริทันต์บางชนิดที่อาจทำให้ผลการรักษาไม่ประสบความสำเร็จ เช่น เชื้อ แอ็กกริเกทิกแบคทีเรีย แอ็กทีโนมัยซิเทมโคมิแทนส์ (*Aggregatibacter actinomycetemcomitans*) ซึ่งเป็นเชื้อที่มีความสามารถในการแทรกตัวเข้าไปในชั้นเนื้อเยื่อเหงือก (Belibasakis et al., 2019; Lenz et al., 2016; Takasaki et al., 2009) ดังนั้นจึงมีการนำการรักษาแบบเสริม (adjunctive therapy) มาใช้ร่วมกับการรักษาแบบอนุรักษ์ในการลดปริมาณเชื้อก่อโรคปริทันต์ที่ไม่สามารถกำจัดได้ง่าย หนึ่งในนั้นคือกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิก (photodynamic therapy; PDT) ที่ถูกพัฒนามาเพื่อลดปริมาณเชื้อก่อโรคปริทันต์ (Al Habashneh et al., 2015; Takasaki et al., 2009) กระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิกมีความสามารถกำจัดเชื้อก่อโรคปริทันต์ได้อย่างจำเพาะ จึงลดผลกระทบต่อเซลล์เนื้อเยื่อในช่องปาก โดยมีหลักการทำงานคือ การใช้แสงที่มีความยาวคลื่นจำเพาะต่อสารไวแสง (photosensitizer) ในการกระตุ้นสารไวแสงให้เกิดการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในเซลล์ให้กลายเป็นสารพิษที่มีฤทธิ์ทำลายเชื้อก่อโรคปริทันต์ โดยปัจจุบันมีการใช้สารสกัดจากขมิ้นชันมาใช้เป็นสารไวแสง (photosensitizer) เนื่องจากสามารถดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นของแสงสีฟ้าจากเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมชนิดไดโอดเปล่งแสง (light emitting diode ; LED) ที่ใช้โดยทั่วไป (Saitawee et al., 2018) อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีข้อจำกัดของปลายท่อฉายแสงที่นำมาใช้เพื่อฉายแสงกระตุ้นเจลขมิ้นชัน รวมถึงในปัจจุบันเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมชนิดไดโอดเปล่งแสงได้ถูกพัฒนาให้มีความเข้มแสงที่สูงมากกว่า 2000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เพื่อให้สามารถลดระยะเวลาฉายแสง (Par et al., 2013 C.E.) ดังนั้นเพื่อปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถนำกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิกโดยมีสารสกัดขมิ้นชันด้วยรูปแบบเจลเป็นสารไวแสงไปใช้ได้จริงทางคลินิก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดขมิ้นชันด้วยรูปแบบเจลเป็นสารไวแสงในการลดเชื้อแอ็กกริเกทิกแบคทีเรีย แอ็กทีโนมัยซิเทมโคมิแทนส์ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงสีฟ้าจากเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม โดยศึกษาเปรียบเทียบเมื่อใช้ร่วมกับหัวนำแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่ให้สะดวกต่อการนำไปใช้จริงในคลินิก รวมถึงเปรียบเทียบความเข้มแสงของเครื่องฉายแสงที่ต่างกัน

การทบทวนวรรณกรรม

เคอร์คูมิน (Curcumin) ที่ได้มาจากขมิ้นชันถูกนำมาใช้เป็นสารไวแสงในกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิก โดยมีการทดลองนำเคอร์คูมินไปทดสอบด้วยวิธีอิเล็กตรอน สปินเรโซแนนซ์ (electron spin resonance: ESR) พบว่าสารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นคือ ไฮดรอกซิลและซูเปอร์ออกไซด์ ซึ่งพบในปฏิกิริยาแบบที่ 1 ของกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิก (Morales et al., 2015) และมีการศึกษาที่ได้ทดสอบความเป็นพิษของกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิกต่อเซลล์ในหนูสัตว์ทดลองเมื่อใช้เคอร์คูมินความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิตรเป็นสารไวแสงร่วมกับแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร เป็นเวลา 300 วินาที และมีพลังงาน 72 จูลต่อตารางเซนติเมตร พบว่ากลุ่มกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิกมีความเป็นพิษต่อเซลล์ต่ำ (Gomes-Filho et al., 2016a) Saitawee และคณะในปี ค.ศ. 2018 ได้ทำการศึกษาผลการลดจำนวนเชื้อแอ็กกริเกทิกแบคทีเรีย แอ็กทีโนมัยซิเทมโคมิแทนส์ด้วยสารสกัดขมิ้นชันที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ซึ่งอยู่ในช่วง 0.098-25 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร พบว่าสารสกัดขมิ้นชัน 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิตรเพียงอย่างเดียวสามารถฆ่า

เชื่อได้มากที่สุด แต่เมื่อใช้สารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับการกระตุ้นด้วยแสงสีฟ้าจากเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมชนิดไดโอดเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 420-480 นาโนเมตร ความเข้มแสง 1000-1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และฉายแสงเป็นเวลานาน 1 นาที มีค่าพลังงาน 16.8 จูลต่อตารางเซนติเมตร พบว่าเมื่อใช้สารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นเพียง 0.78 ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตร สามารถลดเชื่อได้มากกว่าการใช้สารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตรเพียงอย่างเดียว (Saitawee et al., 2018) ปัจจุบันเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมชนิดไดโอดเปล่งแสงได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายทดแทนเครื่องฉายแสงรูปแบบอื่นๆ และมีผู้ผลิตหลายรายคิดค้นเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมชนิดไดโอดเปล่งแสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงที่สามารถให้ความเข้มแสงที่สูงมากกว่า 2000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เพื่อลดระยะเวลาฉายแสง (Par et al., 123 C.E.) อย่างไรก็ตามมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าพลังงานของเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมนอกเหนือจากความเข้มแสง และระยะเวลาในการฉายแสง เช่น ระยะห่างของปลายท่อนำแสงและขนาดของปลายท่อนำแสงของเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม (Price et al., 2000)

การออกแบบปลายท่อจำเป็นต้องพิจารณาจากหลายปัจจัย เช่น วัสดุที่มีความสามารถในการถ่ายทอดแสง (transmission) ในช่วงคลื่นที่ต้องการและสามารถทำความสะอาดฆ่าเชื้อได้หลังการใช้งาน การเชื่อมต่อระหว่างปลายท่อนำแสงและเครื่องฉายแสง รวมถึงขนาดและลักษณะที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในร่องลึกปริทันต์ ปัจจุบันใยแก้วนำแสง (optical fiber) ได้ถูกนำมาใช้ทางการแพทย์มากขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติที่บาง ยืดหยุ่น มีความใสและสามารถถ่ายทอดแสงได้ โดยใยแก้วนำแสงสามารถผลิตได้จากแก้วหรือพลาสติกที่มีความใส เช่น โพลีเมทิลเมทาคริเลต (polymethylmethacrylate; PMMA) พอลิสไตรีน (polystyrene; PS) อย่างไรก็ตามการสูญเสียพลังงานระหว่างถ่ายทอดพลังงานของใยแก้วนำแสงไม่ได้สูงมาก แต่แก้วมีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่าเมื่อใยแก้วนำแสงมีระยะความยาวมากขึ้น (Katzir, 2003; Kim & Darafsheh, 2020) นอกจากนี้ชนิดของวัสดุแล้วการออกแบบปลายท่อนำแสงยังต้องคำนึงถึงขนาดและรูปร่างเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในร่องลึกปริทันต์ ขนาดของปลายท่อนำแสงที่ถูกนำมาใช้เพื่อการศึกษา ได้อ้างอิงตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องมือหยั่งร่องลึกปริทันต์ พบว่าปลายเครื่องมือควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้แรง 20-25 กรัม ในการหยั่งไปบริเวณจุดลึกที่สุดโดยไม่กดล้าเข้าไปในเยื่อบุผิวเชื่อมต่อ (junctional epithelium) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเครื่องมือหยั่งร่องลึกปริทันต์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.4-1 มิลลิเมตร ถูกนำมาใช้ได้อย่างปลอดภัยเช่นกัน โดยเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากขึ้น ควรใช้แรงในการทำงานลดลง (Garnick & Silverstein, 2000; Polson et al., 1980) ทั้งนี้ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่นำแท่งแก้วคนสารมาดัดแปลงโดยนำไปเป่ายัดให้ได้ลักษณะคล้ายเครื่องมือหยั่งร่องลึกปริทันต์ (periodontal probe) โดยมีลักษณะโค้งทำมุม 45 องศา กับเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมและขนาดเล็กลงสอบเข้าที่ปลายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายท่อนำแสงประมาณ 1 มิลลิเมตร (Hormdee et al., 2020) อย่างไรก็ตามท่อนำแสงลักษณะนี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน คือ ปลายท่อนำแสงทำมาจากแก้วซึ่งมีความแข็งไม่มีความยืดหยุ่น และมีส่วนที่ปลายท่อนำแสงมีขนาดสอบเล็กลงอย่างไม่สม่ำเสมอเนื่องจากกระบวนการหลอมแก้ว ไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมรุ่นอื่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของร่องสวมท่อนำแสงต่างกัน นอกจากนี้ยังไม่สามารถผลิตซ้ำให้มีขนาดเท่าเดิมได้ตลอด

สมมติฐานการวิจัย

- 1) เมื่อใช้ความเข้มแสงของแสงสีฟ้าจากเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมที่ต่างกันในการกระตุ้นเจลสกัดขมิ้นชัน สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย แอคติโนมัยซิเทม โคมิแทนสีในสารเลี้ยงเชื้อได้แตกต่างกัน
- 2) เมื่อใช้หัวนำแสงของเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมที่ต่างกันในการกระตุ้นเจลสกัดขมิ้นชัน สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย แอคติโนมัยซิเทม โคมิแทนสีในสารเลี้ยงเชื้อได้แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการ (experimental research) และมีรูปแบบการดำเนินการวิจัย (Experimental design) ดังนี้

ตอนที่ 1 การประดิษฐ์และทดสอบค่ากำลังแสงของปลายท่อนำแสงชนิดต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบในครั้งนี

1 การประดิษฐ์ปลายท่อนำแสงในรูปแบบต่างๆ

- ประดิษฐ์ปลายท่อนำแสงขึ้นมาใหม่ตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้จากวัสดุชนิดต่างๆ (ภาพที่ 1-1)

แบบที่ 1 ผลิตจากแท่งแก้วซึ่งถูกใช้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ (G) (Hormdee et al., 2020)

แบบที่ 2 ผลิตจากการขึ้นรูปพลาสติกอะคริลิกใส ชนิดปมเอง (P)

- ท่อปลายท่อนำแสงทั้ง 2 ชนิดเข้ากับเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงต่างกัน และวัดกำลังแสงด้วยเครื่องวัดกำลังแสงเป็นจำนวน 10 ครั้ง (ภาพที่ 1-2)

แบบที่ 1 ความเข้มแสง 1000-1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (A)

แบบที่ 2 ความเข้มแสง 2200-3000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (B)



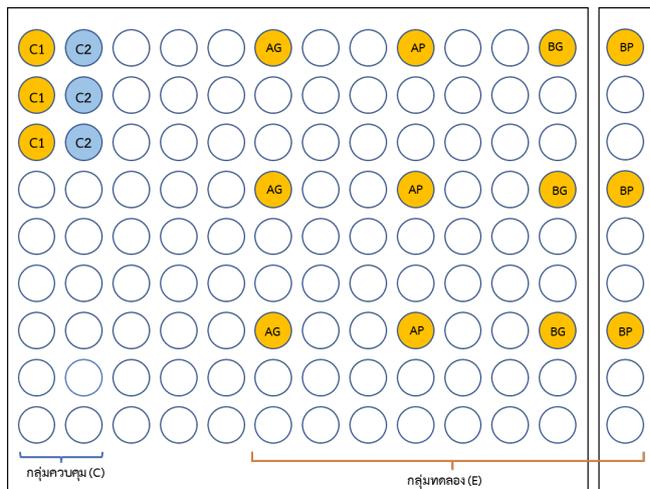
ภาพที่ 1-1 แสดงปลายท่อนำแสงแบบที่ 1 ผลิตจากการกลึงแท่งแก้ว (ซ้าย) และแบบที่ 2 (ขวา) ผลิตจากการขึ้นรูปพลาสติกอะคริลิกใส ชนิดปมเอง

1-2 แสดงการต่อปลายท่อนำแสงเข้ากับเครื่องฉายแสง 2 ชนิดที่มีความเข้มแสงต่างกัน

ตอนที่ 2 การทดสอบการฆ่าเชื้อแบคทีเรียแบกเทอร์ แอคติโนมัยซิเทียมโคมิแทนส์

เตรียมหลอดหลุมเพื่อใช้ในการทดลองโดยเติมเชื้อแบคทีเรียแบกเทอร์ แอคติโนมัยซิเทียมโคมิแทนส์ที่มีค่าความทึบแสงเท่ากับ 0.1 ลงในหลอดหลุมเลี้ยงเชื้อแบบทึบแสง ชนิด 96 หลุม ร่วมกับอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเบรน ฮาร์ท อินฟิวชัน และเจลสกัดจากขมิ้นเข้มข้น 62.5 ไมโครกรัมต่อกรัม อัตราส่วน 150:65:35 มิลลิลิตร (C1 และกลุ่มทดลอง) ยกเว้นในกลุ่มควบคุม (C2) จะใช้เจลปราศจากสารสกัดขมิ้นชัน (gel base) แทนเจลสกัดจากขมิ้นปริมาณ 35 มิลลิลิตร โดยเป็นการผสมเชื้อและสารต่างๆเข้าด้วยกันรวมเป็นสารละลายปริมาตร 250 ไมโครลิตร จำนวน 3 หลุม ก่อนทำการฉายแสง และหลังจากฉายแสงเสร็จสิ้นในแต่ละหลุมจะเช็ดทำความสะอาดปลายท่อนำแสงด้วยแอลกอฮอล์ 70% โดยแบ่งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองดังภาพที่ 2 โดยในกลุ่มทดลอง (E) จะถูกฉายด้วยแสงสีฟ้าด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงต่างกัน โดยชนิดที่ 1 (A) มีความเข้มแสงฉายแสง 1000-1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และ ชนิดที่ 2 (B) 2200-3000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 3 นาที รวมถึงในกลุ่มทดลองจะใช้ปลายท่อนำแสงต่างชนิดกันต่อเข้ากับเครื่องฉายแสงทางพันธุกรรมตามภาพที่ 1-2 โดยชนิดที่ 1 (G) ผลิตจากการกลึงแท่งแก้วคนสาร จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ และชนิดที่ 2 (P) ผลิตจากการขึ้นรูปพลาสติกอะคริลิกใส ชนิดปมเอง จากนั้นนำกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทั้งหมดไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 5 เพื่อทำการเพาะเชื้อ แล้ววัดค่าการ

ดูดกลืนแสงเมื่อเวลาผ่านไป 0,12,24,36 และ 48 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร และนำไปเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่ม



ภาพที่ 2 แสดงภาพหลอดเลี้ยงเชื้อแบบทีปแอส 96 หลุม

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 1 พบว่ากำลังแสงของปลายท่อหน้าแสงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมแบบ BP มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ AP, BG และ AG รองลงมาตามลำดับ โดยแต่ละแบบมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

ตารางที่ 1 แสดงค่าแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแสงของปลายท่อหน้าแสงด้วย สถิติ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Tukey's multiple comparisons test

ชนิดของปลายท่อหน้าแสงและเครื่องฉายแสง	Mean \pm SD (mW)
1) AG	19.30 \pm 1.57*
2) AP	85.60 \pm 1.58*
3) BG	25.60 \pm 2.27*
4) BP	90.30 \pm 2.45*

* กลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกับ 3 กลุ่มที่เหลือ ($p < 0.001$)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง (Optical density; OD) ที่แสดงถึงปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่แบกเทอร์ แอกทีโนมัยซิเทมโคมิแทนส์ ที่เวลา 24 ชั่วโมงแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงระหว่างกลุ่มควบคุมที่ใช้เจลปราศจากสารสกัดขมิ้นชัน (C2) โดยมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้เจลขมิ้นชัน (C1, AG, AP, BG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสูงกว่ากลุ่ม BP อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.07$) จากนั้นที่เวลา 36 ชั่วโมง พบว่ากลุ่มที่ใช้เจลปราศจากสารสกัดขมิ้นชัน (C2) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้เจลขมิ้นชัน (C1, AG, AP, BG, BP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยกลุ่มที่ฉายแสง (AG, AP, BG) มีค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ถูกฉายแสง (C1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นกลุ่ม BP ที่มีค่าน้อยกว่าแต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.07$) ในชั่วโมงที่ 48 พบว่ากลุ่มที่ใช้เจลปราศจากสารสกัดขมิ้นชัน (C2) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้เจลขมิ้นชัน (C1, AG, AP, BG, BP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยกลุ่มที่ฉายแสง (AG, AP, BG, BP) มีค่าเฉลี่ยการ

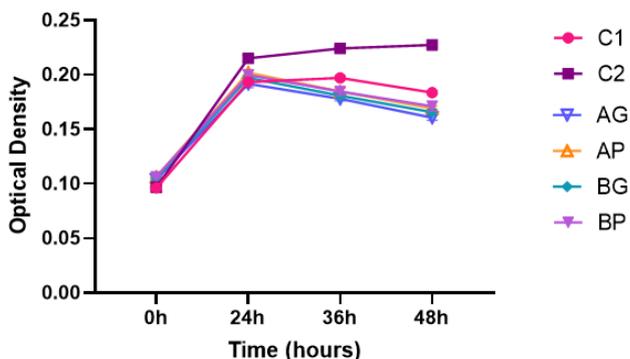
ดูตกสีแสงน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ถูกฉายแสง (C1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นกลุ่ม BP ที่มีค่าต่ำกว่าแต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.07$)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยการดูตกสีแสงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($OD \pm SD$) ด้วยสถิติ repeated two-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Tukey's multiple comparisons test

เวลา (ชม)	กลุ่มควบคุม (C)		กลุ่มทดลอง			
	C1	C2	ฉายแสงด้วยเครื่องชนิดที่ 1 (A)		ฉายแสงด้วยเครื่องชนิดที่ 2 (B)	
			AG	AP	BG	BP
0	0.096±0.00	0.0967±0.00	0.104±0.00 ^{A,B}	0.106±0.00 ^{A,B}	0.105±0.00 ^{A,B}	0.106 ±0.00 ^{A,B}
24	0.193±0.00 ^B	0.215±0.00	0.192±0.00 ^B	0.202±0.00 ^B	0.197±0.00 ^B	0.200±0.00
36	0.197±0.00 ^B	0.224±0.00 ^A	0.178±0.00 ^{A,B}	0.185±0.00 ^{A,B}	0.181±0.00 ^{A,B}	0.185±0.00 ^B
48	0.184±0.00 ^B	0.227±0.00 ^A	0.161±0.00 ^{A,B}	0.169±0.00 ^{A,B}	0.166±0.00 ^{A,B}	0.171±0.00 ^B

A: กลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกับ C1 ที่เวลาเดียวกัน, B: กลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกับ C2 ที่เวลาเดียวกัน ($P < 0.05$)

กราฟที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยการดูตกสีแสง (Optical density; OD) ในแต่ละช่วงเวลา



สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองตอนที่ 1 พบว่าปลายท่อนำแสงที่ผลิตขึ้นใหม่จากการขึ้นรูปอะคริลิก ชนิดบ่มเองให้กำลังแสงเฉลี่ยมากกว่าปลายท่อนำแสงที่ทำขึ้นจากแก้วภายใต้เครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงเท่ากันประมาณ 3-4 เท่า ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปลายท่อที่ต่อชิดกับหลอดไฟของเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมมากขึ้นเป็น 9 mm โดยมากกว่าแบบเดิม 2 mm ทำให้แสงจากหลอดไฟสามารถผ่านออกมาที่ปลายท่อนำแสงได้มากขึ้น (Corciolani et al., 2008; Zou et al., 2020) นอกจากนี้ปลายท่อแสงที่ทำขึ้นใหม่ยังมีข้อดีในส่วนของคุณภาพปลายของด้านต้องสอดลงไปในร่องลึกปริทันต์โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางคงที่ประมาณ 1 มิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ในร่องลึกปริทันต์ (Hormdee et al., 2020) สามารถยึดหยุ่น และมีโอกาสแตกหักได้น้อยกว่า รวมถึงสามารถผลิตได้ง่ายในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรม นอกจากนี้เมื่อนำปลายท่อนำแสงทำจากอะคริลิก ชนิดบ่มเองที่พัฒนาขึ้นใหม่ขึ้นใหม่เปรียบเทียบกับปลายท่อนำแสงแบบเดิมเพื่อใช้ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแบกเทอร์ แอททีโนมายซิเทมโคมิแทนส์

พบว่าที่ 24 ชั่วโมงแรกเชื่อมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น และเพิ่มจำนวนช้าลงภายหลังจาก 24 ชั่วโมง โดยในกลุ่มที่ใช้เจลขมึ้นชั้นมีค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ แสดงให้เห็นว่าเจลขมึ้นชั้นมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อดังกล่าว และเมื่อผ่านไป 36,48 ชั่วโมง กลุ่มที่ได้รับการฉายแสงมีค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้แค่เจลขมึ้นชั้นเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกลุ่มที่ใช้ปลายท่อนำแสงจากที่สร้างขึ้นจากอะคริลิกชนิดบ่มเองร่วมกับการฉายด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงสูง 2200-3000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ทำการทดลองในหลุมอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อจำลองร่องลึกปริทันต์ โดยใช้เจลขมึ้นชั้นที่มีความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่ใช้ปลายท่อนำแสงที่ทำจากแก้วร่วมกับการฉายแสงสีฟ้าที่มีความเข้มแสงสูง 1000-1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 120 วินาที และวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงของ 0 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากลุ่มที่ฉายแสงมีค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ฉายแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ศรัณย์ มยุระสาคร, 2565) อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้เจลขมึ้นชั้นที่มีความเข้มข้นสูงกว่า คือ 62.5 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งความเข้มข้นที่ใช้อย่างเป็นปริมาณที่ปลอดภัยสามารถใช้ได้ในมนุษย์ โดยพบว่าสามารถใช้สารเคอร์คูมินในรูปแบบยาทานได้อย่างปลอดภัยในปริมาณ 8,000 มิลลิกรัม/วัน (Shanmugam et al., 2015) และการใช้สารเคอร์คูมิน 500 ไมโครกรัมต่อกรัม ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากเนื้อเยื่อในช่องปากในมนุษย์ (Gomes-Filho et al., 2016b) นอกจากนี้กลุ่มที่ได้รับการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงที่สูงกว่า 2 เท่าคือ 2200-3000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (BG, BP) ไม่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงน้อยกว่าการฉายด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสง 1000-1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (AG, AP) รวมถึงการใช้ปลายท่อนำแสงที่ให้กำลังแสงที่มากกว่า 4 เท่า ไม่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (AG เทียบกับ AP และ BG เทียบกับ BP) โดยอาจมีสาเหตุจากเชื้อแอกกริกเทิแบกเทอร์ แอกทีโนมายซีเทมโคมิแทนส์ สามารถต้านทานกระบวนการบำบัดด้วยโฟโตไดนามิกได้มากกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive bacteria) จากการที่มีรูบนผนังเซลล์น้อยกว่าและมีชั้นของโปรตีนหนากว่าทำให้สารไวแสงเกาะกับเซลล์ได้น้อยกว่า (Brown et al., 2015) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปลายท่อนำแสงชนิดใหม่สามารถนำมาใช้ร่วมกับเครื่องฉายแสงทางทันตกรรมในการกระตุ้นเจลขมึ้นชั้น โดยให้ผลการลดเชื้อไม่แตกต่างกับการใช้ปลายท่อนำแสงที่ทำมาจากแท่งแก้ว

เอกสารอ้างอิง

- ศรัณย์ มยุระสาคร. (2565). ผลการฆ่าเชื้อก่อโรครากฟันผุ และเชื้อก่อโรคปริทันต์อักเสบชนิดตุรุกรานโดยใช้เจลสารสกัดขมึ้นชั้น ในกระบวนการบำบัดโฟโตไดนามิกในห้องปฏิบัติการ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Al Habashneh, R., Asa'ad, F. A., & Khader, Y. (2015). Photodynamic therapy in periodontal and peri-implant diseases. *Quintessence International (Berlin, Germany): 1985*, 46(8), 677-690. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a34078>
- Belibasakis, G. N., Maula, T., Bao, K., Lindholm, M., Bostanci, N., Oscarsson, J., Ihalin, R., & Johansson, A. (2019). Virulence and pathogenicity properties of *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. *Pathogens*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/PATHOGENS8040222>
- Brown, L., Wolf, J. M., Prados-Rosales, R., & Casadevall, A. (2015). Through the wall: Extracellular vesicles in Gram-positive bacteria, mycobacteria and fungi. In *Nature Reviews Microbiology* (Vol. 13, Issue 10, pp. 620-630). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3480>
- Cobb, C. M. (1996). Non-Surgical Pocket Therapy: Mechanical. *Annals of Periodontology*, 1(1), 443-490. <https://doi.org/10.1902/annals.1996.1.1.443>
- Corciolani, G., Vichi, A., Davidson, C. L., & Ferrari, M. (2008). The Influence of Tip Geometry and Distance on Light-curing Efficacy. *Operative Dentistry*, 33(3), 325-331. <https://doi.org/10.2341/07-94>

- Garnick, J. J., & Silverstein, L. (2000). Periodontal Probing: Probe Tip Diameter. *Journal of Periodontology*, 71(1), 96-103. <https://doi.org/10.1902/jop.2000.71.1.96>
- Gomes-Filho, J. E., Sivieri-Araujo, G., Sipert, C. R., da Silva Santos, L. M., de Azevedo Queiroz, Í. O., Men Martins, C., do Carmo Maia, N. K., Cintra, L. T. A., Dezan-Junior, E., Bagnato, V. S., Chaves-Neto, A. H., & de Oliveira, S. H. P. (2016a). Evaluation of photodynamic therapy on fibroblast viability and cytokine production. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 13, 97-100. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2016.01.007>
- Gomes-Filho, J. E., Sivieri-Araujo, G., Sipert, C. R., da Silva Santos, L. M., de Azevedo Queiroz, Í. O., Men Martins, C., do Carmo Maia, N. K., Cintra, L. T. A., Dezan-Junior, E., Bagnato, V. S., Chaves-Neto, A. H., & de Oliveira, S. H. P. (2016b). Evaluation of photodynamic therapy on fibroblast viability and cytokine production. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 13, 97-100. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2016.01.007>
- Hormdee, D., Rinsathorn, W., Puasiri, S., & Jitprasertwong, P. (2020). Anti-Early Stage of Bacterial Recolonization Effect of Curcuma longa Extract as Photodynamic Adjunctive Treatment. *International Journal of Dentistry*, 2020, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2020/8823708>
- Katzir, A. (2003). Optical Fiber Techniques for Medical Applications. In *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (pp. 315-333). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227410-5/00523-8>
- Kim, M. M., & Darafsheh, A. (2020). Light Sources and Dosimetry Techniques for Photodynamic Therapy. *Photochemistry and Photobiology*, 96(2), 280-294. <https://doi.org/10.1111/php.13219>
- Kinane, D. F. (2001). Causation and pathogenesis of periodontal disease. *Periodontology 2000*, 25(1), 8-20. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0757.2001.22250102.x>
- Lenz, L. L., Fisch, P., Yan How, K., Peng Song, K., & Gan Chan, K. (2016). *Porphyromonas gingivalis: An Overview of Periodontopathic Pathogen below the Gum Line*. 53. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00053>
- Morales, N. P., Sirijaroonwong, S., Yamanont, P., & Phisalaphong, C. (2015). Electron Paramagnetic Resonance Study of the Free Radical Scavenging Capacity of Curcumin and Its Demethoxy and Hydrogenated Derivatives. In *Biol. Pharm. Bull* (Vol. 38, Issue 10).
- Par, M., Marovic, D., Attin, T., Tarle, Z., & Tauböck, T. T. (123 C.E.). *The effect of rapid high-intensity light-curing on micromechanical properties of bulk-fill and conventional resin composites*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67641-y>
- Polson, A. M., Caton, J. G., Yeaple, R. N., & Zander, H. A. (1980). Histological determination of probe tip penetration into gingival sulcus of humans using an electronic pressure-sensitive probe. *Journal of Clinical Periodontology*, 7(6), 479-488. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.1980.tb02154.x>
- Price, R. B., Derand, T., Sedarous, M., Andreou, P., & Loney, R. W. (2000). Effect of Distance on the Power Density from Two Light Guides. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 12(6), 320-327. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2000.tb00241.x>

- Rabbani, G. M., Ash, M. M., & Caffesse, R. G. (1981). The Effectiveness of Subgingival Scaling and Root Planing in Calculus Removal. *Journal of Periodontology*, 52(3), 119-123. <https://doi.org/10.1902/jop.1981.52.3.119>
- Saitawee, D., Teerakapong, A., Morales, N. P., Jitprasertwong, P., & Hormdee, D. (2018). Photodynamic therapy of Curcuma longa extract stimulated with blue light against Aggregatibacter actinomycetemcomitans. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 22, 101-105. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2018.03.001>
- Shanmugam, M. K., Rane, G., Kanchi, M. M., Arfuso, F., Chinnathambi, A., Zayed, M. E., Alharbi, S. A., Tan, B. K. H., Kumar, A. P., & Sethi, G. (2015). The Multifaceted Role of Curcumin in Cancer Prevention and Treatment. *Molecules*, 20, 2728-2769. <https://doi.org/10.3390/molecules20022728>
- Stambaugh, R. V., Dragoo, M., Smith, D. M., & Carasali, L. (1981). The limits of subgingival scaling. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 1(5), 30-41.
- Takasaki, A. A., Aoki, A., Mizutani, K., Schwarz, F., Sculean, A., Wang, C.-Y., Koshy, G., Romanos, G., Ishikawa, I., & Izumi, Y. (2009). Application of antimicrobial photodynamic therapy in periodontal and peri-implant diseases. *Periodontology 2000*, 51(1), 109-140. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2009.00302.x>
- Zou, J., Li, W., Meng, N., Jiang, J., Wu, C., Lei, T. C., Sroka, R., & Huang, Z. (2020). Evaluation of lensed fibers used in photodynamic therapy (PDT). *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 31, 101924. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101924>

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2023 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).