

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

เมื่อนำชิ้นงานทั้งหมด 180 ชิ้น จาก 10 กลุ่มทดลอง (กลุ่มละ 18 ชิ้น) ซึ่งแยกโดยรูปแบบของสารไฮเลนและชนิดของผลิตภัณฑ์เดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตเสริมเส้นใย มาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากระบบไฮดรอลิกเพื่อหาค่าแรงที่ทำให้ชิ้นงานแตกหัก และนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาค่าความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์บริเวณผิวสัมผัสระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตเสริมเส้นใยกับวัสดุเรซินคอมพอสิต (แสดงในตารางที่ 7 ถึง 17 ในภาคผนวก) แล้วนำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตเสริมเส้นใยผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ปรับสภาพผิวด้วยไฮเลนสองชนิดกับเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดปมตัวด้วยแสง

Group	Post type	Silane type	Mean μ TBS (MPa) \pm SD
1	DT light	Monobond S	14.89 \pm 6.09
2	DT light	Porcelain liner M	20.29 \pm 5.73
3	FRC postec	Monobond S	10.08 \pm 3.99
4	FRC postec	Porcelain liner M	23.08 \pm 4.04
5	Easy post	Monobond S	9.01 \pm 2.74
6	Easy post	Porcelain liner M	22.13 \pm 3.39
7	Exacto conical	Monobond S	14.15 \pm 3.93
8	Exacto conical	Porcelain liner M	18.54 \pm 4.99
9	Innopost	Monobond S	6.56 \pm 3.15
10	Innopost	Porcelain liner M	14.81 \pm 4.22

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตและเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสงจะต่างกัน เมื่อชนิดของเดือยเรซินคอมพอสิตเสริมเส้นใยและรูปแบบของสารไซเลนแตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์สูงสุด (23.08 ± 4.04 MPa) ส่วนกลุ่มทดลองที่ 9 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ต่ำที่สุด (6.56 ± 3.15 MPa)

ผลการวิเคราะห์ปัจจัย

เมื่อทำการทดสอบการแจกแจงข้อมูล (Test of normal distribution) ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ด้วยสถิติของโคลโมโกรอฟสเมอโรนอฟ (Kolmogorov-Smirnov) และทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล (test of variances) ด้วยสถิติทดสอบของเลวิน (ดังแสดงในตารางที่ 23 และ 24 ในภาคผนวก) พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ที่วัดได้มีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของชุดข้อมูลเท่ากัน ตรงตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติการทดสอบความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA)

วิเคราะห์ปัจจัยชนิดของเดือยเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใยและรูปแบบของสารไซเลนต่อความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์

เมื่อนำข้อมูลมาทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง พบว่าปัจจัยรูปแบบของสารไซเลนและปัจจัยชนิดของเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตเสริมเส้นใยมีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนั้นปัจจัยทั้งสองยังมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อีกด้วย (ดังแสดงในตารางที่ 25 ภาคผนวก)

วิเคราะห์ปัจจัยรูปแบบของสารไซเลน

หากวิเคราะห์ผลของปัจจัยรูปแบบของสารไซเลนที่มีต่อความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์เฉลี่ยโดยไม่พิจารณาปัจจัยชนิดของเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใย พบว่าเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตกลุ่มที่เตรียมผิวโดยการเป่าด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับทาสาร ไซเลน Monobond S ซึ่งเป็นตัวแทนกลุ่มไซเลนชนิดเดี่ยวที่ไฮโดรไลซ์แล้ว จะมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์เฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มที่เตรียมผิวโดยการพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับทาสารไซเลน Porcelain liner M ซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มไซเลนระบบแยกขวด (ดังแสดงในตารางที่ 3) เนื่องจากปัจจัยรูปแบบของสารไซเลนมีเพียง 2 ระดับ จึงสามารถนำผลการทดสอบจากสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบสองทางมาสรุปได้ว่า ปัจจัยรูปแบบของสารไซเลนมีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์และสารไซเลนระบบแยกสองขวดจะ

ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตกับวัสดุเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสงสูงกว่ากรณีเลือกใช้สารไซเลนกลุ่มขวดเดี่ยวที่ไฮโดรไลซ์แล้วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตและเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริด โดยไม่แยกกลุ่มตามความแตกต่างของชนิดของเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตเสริมเส้นใย

Silane type	Number (n)	Mean μ TBS (MPa) \pm Standard deviation
Monobond S	90	10.94 \pm 5.14*
Porcelain liner M	90	19.77 \pm 5.33

* ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

วิเคราะห์ปัจจัยชนิดผลิตภัณฑ์เดือยสำเร็จรูปชนิดเสริมเส้นใย

เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยชนิดผลิตภัณฑ์เดือยสำเร็จรูปโดยไม่คำนึงถึงอิทธิพลของรูปแบบของสารไซเลนพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใยแต่ละผลิตภัณฑ์กับวัสดุเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสงมีค่าแตกต่างกัน โดยเดือยสำเร็จรูป DT light มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดสูงที่สุด 17.59 \pm 6.44 MPa รองลงมาคือกลุ่ม FRC postec กลุ่ม Exacto conical และกลุ่ม Easy post ตามลำดับ โดยกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือกลุ่มเดือยสำเร็จรูป innopost ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 10.69 \pm 5.56 MPa ดังสรุปในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ ระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตและเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริด แยกตามชนิดผลิตภัณฑ์เดือย สำเร็จรูป

post type	Number (n)	Mean μ TBS (MPa) \pm SD.
DT light	36	17.59 \pm 6.43
FRC post	36	16.58 \pm 7.69
Easy post	36	15.57 \pm 7.31
Innopost	36	10.69 \pm 5.56*
Exacto	36	16.34 \pm 4.96

*ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบสอง ทาง พบว่าปัจจัยชนิดของเดือยสำเร็จรูปมีผลต่อค่าความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ จึงทำการทดสอบต่อ ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเพื่อพิจารณาว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ของ เดือยสำเร็จรูปแต่ละผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ผลการทดสอบพบว่ามี เดือยฟันสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใยอย่างน้อยหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึด ไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยสำเร็จรูปกับวัสดุเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสงที่แตกต่างจาก ผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 26 ในภาคผนวก

เพื่อหาว่าเดือยสำเร็จรูปผลิตภัณฑ์ใดที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์แตกต่างจาก ผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีก็ย ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 (ดังแสดงในตารางที่ 27 ในภาคผนวก) จากการทดสอบสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึด ไมโครเทนไซล์ของกลุ่ม DT light, FRC postec, Easy post และ Exacto conical ไม่ต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่กลุ่ม Innopost มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์เฉลี่ยน้อยกว่าทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทู่ก็ย เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยชนิดผลิตภัณฑ์เดียวฟันสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยฟันสำเร็จรูปกับกับเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสง

	DT light post	FRC postec	Easy post	Innopost	Exacto conical
DT light post				X	
FRC postec				X	
Easy post				X	
Innopost					
Exacto conical				X	

X = เมื่อเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทู่ก็ย แล้วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

วิเคราะห์ปัจจัยร่วมระหว่างชนิดไซเลนและชนิดเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิต

ผลการศึกษาด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบสองทาง พบว่าปัจจัยรูปแบบของสารไซเลนและปัจจัยชนิดผลิตภัณฑ์เดือยสำเร็จรูปมีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์เดือยระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใยกับวัสดุเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสง จึงทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อพิจารณาว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดือยสำเร็จรูปและสารไซเลนแต่ละคู่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ผลการทดสอบพบว่า คำนัยสำคัญของการทดสอบ (significant) มีค่าน้อยกว่า 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ 28 ในภาคผนวก) แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มมีค่าแตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เพื่อหาว่ากลุ่มทดลองใดที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์แตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบด้วยสถิติเปรียบเทียบเชิงซ้อนทู่ก็ย ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 29 จากผลการทดสอบด้วยสถิติเปรียบเทียบเชิงซ้อนทู่ก็ยสามารถจัดกลุ่มค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ของกลุ่มทดลองได้เป็น 4 ระดับ (ดังแสดงในตารางที่ 6)

กลุ่มที่จัดอยู่ในระดับที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์สูงที่สุด ประกอบด้วยกลุ่มทดลองที่ 4, กลุ่มทดลองที่ 6, กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 10 แม้ว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองในระดับนี้จะแตกต่างกันแต่ก็ไม่มีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนระดับที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ต่ำที่สุด ประกอบด้วยกลุ่มทดลองที่ 7, กลุ่มทดลองที่ 5 และกลุ่มทดลองที่ 3 โดย

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ของกลุ่มทดลองในระดับนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละระดับ พบว่าเดี่ยวสำเร็จรูป Exacto conical กลุ่มที่เตรียมสภาพผิวด้วยสารไซเลนระบบขูดเดี่ยวและระบบแยกสองขวดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เดี่ยวสำเร็จรูปกลุ่มที่เหลืออีก 4 ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมสภาพผิวด้วยสารไซเลนระบบแยกสองขวด มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์สูงกว่ากลุ่มที่เตรียมผิวด้วยสารไซเลนระบบขูดเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ (ดังแสดงในตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงการจัดระดับของข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ระหว่างเดี่ยวสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใย 5 ผลิตภัณฑ์ที่ปรับสภาพผิวด้วยสารไซเลน 2 ชนิดกับเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสง โดยใช้สถิติเปรียบเทียบเชิงซ้อนทุกคู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

group	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
Innopost & Monobond S (Gr7)	18	6.5611			
Easy post & Monobond S (Gr5)	18	9.0133			
FRC posted & Monobond S (Gr3)	18	10.0822	10.0822		
Exacto conical Monobond S (Gr9)	18		14.1500	14.1500	
Innopost & Porcelain liner M (Gr8)	18			14.8139	
DT light & Monobond S (Gr1)	18			14.8889	
Exacto conical & Porcelain liner M (Gr10)	18			18.5350	18.5350
DT light & Porcelain liner M (Gr2)	18				20.2922
Easy post & Porcelain liner M (Gr6)	18				22.1283
FRC postec & Porcelain liner M (Gr4)	18				23.0756
Sig.		.316	.143	.083	.062

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. A Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

กลุ่มที่อยู่ในแนวลูกศรเดียวกัน คือ กลุ่มที่ค่าความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เปรียบเทียบการแตกหักของชิ้นทดสอบ

เมื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบมาวิเคราะห์รูปแบบการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ไมโครสโคป ที่กำลังขยาย 35 เท่า พบลักษณะการแตกหักเพียง 2 ลักษณะเท่านั้น คือ การแตกหักบริเวณผิวรอยต่อ (Adhesive failure) ระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตชนิดเสริมเส้นใยกับวัสดุเรซินคอมพอสิตแบบไฮบริดชนิดบ่มตัวด้วยแสง และการแตกหักภายในเดือยสำเร็จรูป (cohesive failure) โดยรูปแบบการแตกหักที่เกิดขึ้นในเดือยสำเร็จรูป จะพบเฉพาะในผลิตภัณฑ์ Exacto conical ซึ่งมีเส้นลวดเหล็กกล้าไร้สนิมเสริมบริเวณแกนกลางเพื่อให้คุณสมบัติที่บ่งชี้เท่านั้น ซึ่งจะพบได้ทั้งในกลุ่มตัวอย่างที่เตรียมสภาพผิวด้วยสารไซเลน Monobond S และ Porcelain liner M ส่วนตัวอย่างกลุ่มอื่นๆ จะพบการแตกหักบริเวณผิวรอยต่อระหว่างเดือยสำเร็จรูปเรซินคอมพอสิตและวัสดุเรซินคอมพอสิต ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปผลการแตกหักของชิ้นตัวอย่างภายหลังการทดสอบความแข็งแรงยึดไมโครเทนไซล์ของกลุ่มตัวอย่างต่างๆ

Group	type of failure	
	adhesive failure	cohesive failure
GROUP 1 (DT light + monobond S)	x	
GROUP 2 (DT light + Porcelain liner M)	x	
GROUP 3 (FRC postec + Monobond S)	x	
GROUP 4 (FRC postec + Porcelain liner M)	x	
GROUP 5 (Easy post + Monobond S)	x	
GROUP 6 (Easy post + Porcelain liner M)	x	
GROUP 7 (Innopost + Monobond S)	x	
GROUP 8 (Innopost + Porcelain liner M)	x	
GROUP 9 (Exacto conical + Monobond S)		x
GROUP 10 (Exacto conical + Porcelain liner M)		x

Cohesive failure= failure within the post or the composite

Adhesive failure= failure at the post/composite interface