Gümüş zeolit ilave edilen akrilik rezinlerin eğilme dayanımlarının *in-vitro* değerlendirilmesi

***In-vitro* evaluation of flexural strengths of acrylic resins incorporated silver zeolite**

Sema Murat DDS, PhD [1]

[1]Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

[1]Ankara University, Faculty of Dentistry, Department of Prosthodontics, Ankara, Turkey.

ORCID ID: 0000-0003-0632-5095

İletişim bilgisi:

Dr. Sema Murat

Adres: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Beşevler/ Ankara/Türkiye 06500

Email: smurat@ankara.edu.tr

Tel:05396723751

Kısa başlık: Gümüş-zeolitin akrilik rezinlerin eğilme dayanımına etkisi

Çıkar çatışması: Bu makale yazarının makalede bahsi geçen konu ve malzemeyle ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir.

Teşekkür ve anma: Yazar çalışmanın istatistiksel analizlerini gerçekleştiren Sn. Tümer Arıtürk'e minnettarlığını ve saygılarını iletmektedir.

Gümüş zeolit ilave edilen akrilik rezinlerin eğilme dayanımlarının *in-vitro* değerlendirilmesi

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, antimikrobiyal ajan olarak farklı ağırlık yüzdeleriyle ilave edilen gümüş-zeolitin ısıyla polymerize olan polimetilmetakrilat protez kaidesinin eğilme dayanımına etkisinin ısıl işlem öncesi ve sonrası değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: 64x10x3.3mm ebatlarında standart test örnekleri gümüş-zeolitin (Zeomic$^{@}$) % 0, % 0.5, % 2 ve % 4 kuru ağırlık yüzdelerinde ısı ile polimerize olan akrilik tozuna ilave edilmesiyle hazırlanmıştır. Her grup için toplam 20 örnek hazırlanmıştır. Kontrol grubu olarak gümüş-zeolit ilave edilmeyen örnekler kullanılmıştır (n=20). Bu gruplar daha sonra ısıl işlem uygulanmayan ve uygulanan olmak üzere 2 alt gruba (n=10) daha ayrılmıştır. Isıl döngü uygulanan gruptaki örnekler 10000 döngülük ısıl döngü işlemine (5 °C ve 55 °C'de, 30 sn aralıkla) tabii tutulmuşlardır. Eğilme dayanımlarının hesaplanmasında universal test cihazında 3 nokta eğme testi yapılmıştır. Verilerin istatistiksel analizi için Minitab Release 15 yazılım programı ile ANOVA ve bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

Bulgular: Isıl döngü işlemi uygulanmayan ve uygulanan grupların her ikisinde de; kontrol grubu (% 0 ağırlık yüzdesi) diğer üç gruptan istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek eğilme dayanımı gösterirken, ağırlık yüzdesi arttıkça (% 0.5, % 2, % 4) eğilme dayanımı azalmıştır ($p<0.05$). Bütün gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p>0.05$). Ayrıca ısıl döngü işlemi bütün gruplarda eğilme dayanımını istatistiksel olarak anlamlı şekilde azaltmıştır ($p<0.05$).

Sonuç: Çalışmamızda gümüş-zeolitin ağırlık yüzdesinin artması ve ısıl döngü işlemi uygulanması ile eğilme dayanımının azalmasına rağmen bulunan değerler ISO 20795-1:2013(E) no'lu standartta belirtilen 65 MPa' dan daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akrilik, Eğilme dayanımı, Gümüş-zeolit, Isıl döngü işlemi

ABSTRACT

In-vitro evaluation of flexural strengths of acrylic resins containing silver zeolite

Aim: The aim of this study was to evaluate the effect of silver-zeolite on flexural strength, which was added into heat polymerized polymethylmethacrylate (PMMA) denture base resin with different percentages as antimicrobial agent before and after thermal cycling.

Material and method: Standard test specimens in sizes of 64x10x3.3 mm were prepared by adding silver-zeolite (Zeomic $^{@}$) into heat polymerized acrylic powder with 0 %, 0.5 %, 2 %, and 4 % dry weight percentages. A total of 20 samples were prepared for each group. A total of 20 samples without silver-zeolite served as the control group. These groups were then divided into 2 subgroups (n = 10), a not-thermal cycled and thermal cycled group. Samples in thermal cycled group were subjected to 10000 thermal cycling (5 °C-55 °C). Three-point FS of the specimens was tested in a universal testing machine and the flexural strength data (σ) was calculated (MPa). Statistical analysis of the data was performed using the Minitab Release 15 software program by ANOVA and paired t-test. Significance was set at $p<0.05$.

Results: For both groups (non-thermal cycled and thermal cycled), the flexural strength of the control group (0% weight percentage) was significantly higher than the other three groups (0.5 %, 2 %, 4 %) ($p<0.05$). The differences between other 3 groups were also statistically significant ($p<0.05$). In addition, for all groups the flexural strength decreased statistically significantly with thermal cycling ($p<0.05$).

Conclusion: Although an increase in the percentage of silver-zeolite and the application of thermal cycling reduced the flexural strength, our results are still higher than the 65 MPa which is specified in the standard ISO 20795-1: 2013 (E).

Keywords: Acrylic, Flexural strength, Silver-zeolite, Thermal cycling

GİRİŞ

Isıyla polimerize olan polimetilmetakrilat (PMMA) rezinler, yüksek toksitite göstermemeleri, biyouyumlu olmaları, estetik kalite ve laboratuvar işlemlerinin kolaylığı ile pahalı olmamaları nedeniyle total ve parsiyel protezlerin hazırlanmasında en yaygın kullanılan protez kaide materyalleridir.[1] Bu avantajlarınına rağmen mekanik özelliklerinin çok yüksek olmaması[2,3] ve mikroorganizmaların biofilm oluşturabilmesi için bir rezervuar görevi görerek ağız dokularında enfeksiyona neden olabilmesi PMMA rezinlerin dezavantajlarıdır.[4,5] Akrilik protez kaidelerinin yüzeyinde oluşan biofilm porozite, yüzey düzensizliklerinin varlığında daha hızlı oluşmaktadır. Bu nedenle biofilm formasyonunu inhibe edebilen akrilik rezinlerin geliştirilmesi oral candididasis gibi mukozal hastalıkların önlenmesinde kritik öneme sahiptir.[6] Bu amaçla kaide polimerlerine antifungal ve antiseptiklerin ilave edilmesi ile antimikrobiyal özellikli polimerlerin üretilmesi güncel yaklaşımlar arasındadır. Parlama-deşarj plazma (glow-discharge plasma) gibi yüzey işlemlerinin uygulanması, polimerlere polar radikallerin katılması, floralkilmetakrilatlar ile kopolimerizasyon sağlanması, alternatif olarak metalik gümüş nanopartiküllerinin ilavesi ile kaide materyallerine antimikrobiyal özellikler kazandırmaya çalışılmaktadır.[7-9]

Alüminyum silikat kristal yapısına sahip ve içerisinde 3-10 angstrom hava boşluğu içeren antimikrobiyal zeolitler de bu amaçla sıklıkla kullanılmaktadır.[7,10] Zeolit yapısının içerisindeki boşluklarda bulunan gümüş ve çinko gibi antimikrobiyal katyonlar, zamanla ağız ortamındaki diğer katyonlar ile yer değiştirirler. Serbest katyonlar çevrelerindeki mikroorganizmalarla kontağa geldiğinde mikrobiyal enzimleri inaktive ederek ve RNA replikasyon mekanızmasını bozarak mikroorganizmaların gelişmelerini engellemektedirler.[8-11] Gümüş-zeolitin *Candida albicans, Streptokokus mutans, Stafilokokus aureus, Stafilokokus epidermis, Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli*' ye karşı antimikrobiyal aktivitesini

rapor eden çok sayıda çalışma mevcuttur.[9-11,17] Uzun süre devam eden antimikrobiyal aktiviteleri, düşük toksitite göstermeleri ve tatsız ve kokusuz olmaları nedeniyle zeolitler geniş bir uygulama alanına sahip olmalarına rağmen uygulanabilirlikleri materyalin fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerini geliştirmesine veya korumasına bağlıdır.[11]

Hareketli bölümlü ve total protez kaideleri ağız ortamında tekrar eden eğilme kuvvetlerine maruz kaldıklarından dolayı oluşan fonksiyonel deformasyon neticesinde orta hat kırıkları ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle kaide rezinlerinin özellikle eğilme dayanımları gibi mekanik özellikleri protezlerin başarısında büyük önem taşımaktadır. Antimikrobiyal özellik kazandırmak için ilave edilen modifiye edici ajanların rezinlerin mekanik özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi, materyallerin direncinin azaltılmasının önlenmesinde önem taşımaktadır. Bu *in-vitro* çalışmada farklı oranlarda antimikrobiyal gümüş-zeolit içeren ısıyla polimerize akrilik rezinlerin eğilme dayanımlarının incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

İn-vitro çalışmamızda kullanılan test örnekleri 64x10x3.3mm ebatlarında, ISO 20795-1:2013(E) [18] no'lu standarda uygun olarak hazırlanmıştır. Antimikrobiyal ajan olarak gümüş-zeolit içerikli Zeomic@ AJlON (Shinagawa Fuel Ltd., Nagoya, Japonya) seçilmiştir.

Gümüş-zeolit, ısı ile polimerize olan akrilik tozuna (Meliodent, Bayer Dental, Berkshire, İngiltere), % 0, % 0.5, % 2 ve % 4 kuru ağırlık yüzdelerinde karıştırılarak üretici firmanın talimatları doğrultusunda uygun toz-likit oranı kullanılarak polimerize edilmişlerdir. % 0 zeomic ilave edilen grup kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Her grup için toplam 20 örnek hazırlanmıştır. Bu gruplar daha sonra ısıl işlem uygulanmayan ve uygulanan olmak üzere de 2 alt gruba (n=10) ayrılmıştır.

Test örneklerinin kenarlarına gerekli tesviye işlemleri yapıldıktan sonra örneklerin yüzeyleri su altında sırasıyla 120, 400, 600, 800 grid'lik aşındırıcı kâğıtlar kullanılarak

zımparalanmış ve polisaj pastası ile yüzeyleri parlatılmıştır. Tüm örneklerin kalınlığı bu işlemler sonunda 3.3 ± 0.2 mm'lik standart kalınlıkta hazırlanmıştır (Resim 1).

Antimikrobiyal gümüş-zeolit içeren akrilik rezinlerin eğilme dayanımları üzerinde uzun dönem kullanımda ağız ortamının oluşturduğu etkiyi de değerlendirmek amacıyla her gruptaki test örneklerinin yarısına 10000 döngülük ısıl işlem (5 °C ve 55 °C'de, 30 sn aralıkla) uygulanmıştır.

Bütün gruplardaki örnekler eğilme dayanımı testi öncesinde 48 saat distile su içerisinde 37 ^{0}C' de bekletilmişlerdir.

Çalışmamızda materyallerin eğilme dayanımlarının değerlendirilmesi için 3 nokta eğme testi Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında bulunan Lloyd LRX (Lloyd Instruments Ltd., Fareham Hampshire, İngiltere) universal test cihazı ile yapılmıştır. Elde edilen veriler Nexygen (Lloyd Instruments Ltd) yazılımı ile otomatik olarak kaydedilmiştir.

Örneklerin yerleştirilmesinde kullanılan destekler arası mesafe 50 mm ve cihazın kırma hızı 5 mm/sn olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir örneğin kırılması için gerekli olan maksimum kuvvet ve örneğin kırılmadan önce gösterdiği bükülmenin derecesi cihaza bağlı olan bilgisayar sistemi aracılığıyla kaydedilmiştir. Elde edilen değerlerin aşağıdaki formüle uygulanması ile eğilme dayanımı hesaplamaları MPa (N/mm^2) cinsinden yapılmıştır.

Fs = Eğilme dayanımı (N/mm^2)

$Fs= 3FL /2bd^2$

F = Kırılma anındaki yük (N)

L = Örnek yerleştirilen destekler arasındaki uzaklık (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm)

İstatistiksel analiz için veriler, Minitab Release 15 (Minitab Ltd., Pensilvanya, ABD),

istatistiksel yazılım programına aktarılmıştır. Materyal ve ısıl döngü işleminin eğilme dayanımı üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesinde Varyans analizi kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların analiz edilmesinde ise bağımlı örneklem t-testi (paired t-test) uygulanmıştır. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Isıl döngü işlemi uygulanmayan gruplarda, kontrol grubu (% 0 ağırlık yüzdesi) (149.23 MPa) diğer üç gruptan istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek eğilme dayanımı gösterirken, grup 4 (% 4 ağırlık yüzdesi) ise en düşük eğilme dayanımı (86.66 MPa) göstermiştir ($p<0.05$). Bütün gruplar arasındaki eğilme dayanımı değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 1), ($p<0.05$).

Isıl döngü işlemi uygulanan gruplarda ise; varyans analizinin sonuçlarına göre hem grup (ağırlık yüzdeleri) hem de ısıl döngü işlemi materyalin kırılma dayanımını etkilemektedir (Tablo1) ($p<0.05$). Gruplar arasında en yüksek eğilme dayanımı gösteren grup kontrol grubu (128.47 MPa) iken, ağırlık yüzdesinin artması ile birlikte eğilme dayanımlarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ısıl döngü işlemi bütün gruplarda eğilme dayanımını istatistiksel olarak anlamlı şekilde azaltmıştır ($p<0.05$).

TARTIŞMA

Protez kaidelerinin tekrar eden çiğneme kuvvetleri altında gösterdiği esneme özelliği nedeniyle oluşan internal stresler, akrilik polimerinde çatlak oluşumu meydana getirmekte ve bu çatlakların genişlemesiyle protez kırıkları ortaya çıkmaktadır.[19] Bu nedenle protez kaidelerinin kırık oluşumuna karşı direnç gösterebilecek yeterli dayanıma sahip olması gerekmektedir. Son yıllarda kaide materyallerinde çeşitli gümüş veya gümüş iyonu içeren inorganik doldurucuların gümüş-zeolit, gümüş-silika cam, gümüş- zirkonyum fosfat, gümüş-titanyumdioksit gibi farklı formlarda kullanılması ile rezinlere antimikrobiyal özellikler

kazandırılmıştır.[15-17,20] Ancak ilave edilen modifiye edici ajanların antimikrobiyal avantajlarına rağmen kaide rezinlerinin mekanik özellikleri üzerine etkisinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sodagar ve arkadaşlarının[20] yapmış olduğu bir çalışmada; % 0.5 ve % 0.1 oranında ilave edilen SiO_2 ve TiO_2 nanopartiküllerin akrilik rezinlerin eğilme dayanımını azaltığı rapor edilmiştir. Araştırmamızın sonuçlarına göre, eğilme dayanımdaki azalma Addy & Handlery[21] ile Yadav ve arkadaşlarının[22] yaptığı çalışmaların sonuçlarıyla da benzer olup, metakrilatlara ilave edilen mikrobiyal ajanların mekanik özellikleri zayıflattığı görülmüştür. Ayrıca akrilik rezine % 5 oranında ilave edilen gümüş çinko zeolitin standartta belirtilen 65 MPa'dan daha düşük eğilme dayanımına neden olduğunu gösteren Yadav ve arkadaşlarının[22] aksine sonuçlarımıza göre ilave edilen ajan oranı arttıkça eğilme dayanımı azalmasına rağmen bütün gruplarda standartta belirtilenden daha yüksek eğilme dayanımı değerleri saptanmıştır. Ayrıca ağrılık yüzdesinin artmasıyla eğilme dayanımının azalması, Shibate ve arkadaşları[23] ile Sodagar ve arkadaşlarının[24,25] bulgularıyla da benzerdir. Eğilme dayanımındaki azalmanın polimerize olan rezinin internal yapısı üzerine nano boyuttaki oksitlerin etkisiyle oluştuğu düşünülmektedir. Ayrıca, ilave edilen nanopartiküllerin PMMA matriksinde dağılımı monomerlerin polimere dönüşümünü etkileyerek, plastizer olarak etki eden reaksiyona girmemiş artık monomerlerin artmasına neden olmaktadır.[25] Bununla birlikte; akriliklere nano partiküllerin ilave edilmesi partiküllerin matriks içinde bir araya toplanıp kümeleşmesine neden olduğundan bu bölgeler stress yoğunlaşma bölgeleri oluşturmakta ve polimerize materyallerin mekanik özelliklerini zayıflatmaktadırlar.[15,26] Bu bulgulardan farklı olarak Kassaee ve arkadaşlarının[12] yaptığı çalışmada ise; % 0.5 oranında gümüş nanopartiküllerin ilavesinin PMMA'ın eğilme dayanımında önemli bir etkiye neden olmadığı rapor edilmiştir.

Akrilik rezinlerin polimerizasyon tipleri de nanopartikül ilave edilen kaidelerin eğilme dayanımın etkileyen önemli faktörlerden biridir.[25] Casemiro ve arkadaşlarının[11] yapmış

olduğu bir çalışmada 2 farklı ısıyla polimerize edilen rezinlere ve mikrodalga ile polimerize edilen rezine farklı oranlarda (% 0, % 2.5, % 5, % 7.5 ve % 10) ilave edilen gümüş-çinko zeolitin ısı ile polimerize olan rezinlerde çalışmamızın bulgularıyla benzer olarak, kontrol grubuyla kıyaslandığında eğilme dayanımını anlamlı şekilde azalttığı, mikrodalga ile polimerize olan rezin de ise, % 2.5 oranında ilave edilmesiyle dayanımda anlamlı bir azalma olmadığı sadece % 5' den daha büyük oranlardaki ilavelerin anlamlı şekilde eğilme dayanımını azalttığı tespit edilmiştir. Buna rağmen akrilik rezine % 2.5 ve % 5 oranında gümüş-zeolit ilave edilen gruplarda eğilme dayanımı ISO standart değerine uygun bulunmuştur. Eğilme dayanımdaki azalmanın zeolitin sahip olduğu poröz yapısından da kaynaklanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.[22,27]

Protez kaide rezinleri, oral çevrede özellikle sıcak ve soğuk gıdaların ve içeceklerin tüketilmesi sırasında rutin olarak termal streslere maruz kalırlar. Termal stresler polimer zincirleri arasındaki mesafeyi artırarak materyalin su emiliminin artmasına neden olabilmektedirler. Sıcaklık artışı su moleküllerinin kaide materyalleri içerisine daha hızlı difüze olmasına sebep olmakta ve polimer içerisindeki su plastizer olarak etki göstererek çiğneme kuvvetleri altında zincirlerin birbiri üzerinden çok daha kolay kaymasına izin vermekte ve bu durum polimerlerin mekanik özelliklerini negatif yönde etkilemektedir. [28,29]

Sulu ortamda rezin matrikste bulunan çeşitli partiküllerin (artık monomer, modifiye edici ajanlar ve plastize edici ajanlar vb.) zamanla çözülerek uzaklaşması nedeniyle oluşan porözite ve artan su emilimi de eğilme dayanımını azaltabilmektedir.[14,21] Aynı zamanda emilen su molekülleri materyallerin hafifçe genişlemesiyle protez kaide rezinlerindeki çatlakların oluşmasına neden olabilmektedir.[30] Feng ve arkadaşları[14] ile Kawaguchi ve arkadaşları[30] da sonuçlarımızla uyumlu olarak 6 ay distile su da bekletilen 4 farklı ısıyla polimerize olan akrilik rezinin eğilme dayanımlarının kontrol grubuyla kıyaslandığında anlamlı şekilde azaldığını rapor etmişlerdir. Machado ve arkadaşlarının[31], 5000 ısıl döngü

uygulanan ve uygulanmayan yüksek dayanımlı ısı ile polimerize akrilik rezinler ile ısı ile polimerize poliüretan protez kaide materyallerinin eğilme dayanımlarını kıyasladıkları çalışmalarında, ısıl döngü işleminin her iki materyalinde eğilme dayanımlarını istatiksel olarak anlamlı derecede azalttığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda, ısıl döngü işleminin bütün gruplarda önceki çalışmaların sonuçlarıyla benzer olarak eğilme dayanımını azaltığı ve mekanik özelliklerinin zayıflamasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgulardan farklı olarak Ayaz ve arkadaşları[32] ise, ısıl işlemin PMMA ve poliamid esaslı kaide materyallerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını rapor etmişlerdir. Isıl döngü işleminin neden olduğu mekanik değişimlerin klinik açıdan yaratacağı etkilerin daha ileri araştırmalarla desteklenmesi gerekmektedir. [33,34]

Araştırmamızın sonuçlarına göre; düşük yüzdelerde akrilik rezinlere ilave edilen zeolitlerin mikroorganizmalara karşı etkili olabilmesi nedeniyle özellikle protezlerini yeteri kadar temizleyemeyen hastalarda mekanik özellikler üzerindeki etkisi daha az önemli olabilmektedir. Nitekim sonuçlarımıza göre; en fazla % 4 oranında ilave edilen zeolitin akriliğin mekanik özelliğini standart kabul edilen sınırın üstünde bir değere kadar zayıflattığı tespit edilmiştir. Zeolitin akriliklere ilavesinde, klinik açıdan hasta memnuniyetini etkileyecek olan tek olumsuz faktör ise PMMA' ın opaklığının artmasıdır ve ilave edilen oran arttıkça opaklık daha fazla artmaktadır.[35] Zeolitin neden olduğu bu translusensideki azalmanın önüne geçilebilmesi için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

SONUÇLAR

1. Mikrobiyal ajanların ilavesinde ağrılık yüzdesinin artmasına paralel şekilde eğilme dayanımı da azalmaktadır.

2. Isıl döngü işlemi protez kaidelerinin eğilme dayanımlarının anlamlı şekilde azalmasına neden olmuştur.

KAYNAKLAR

1. Goiato M, Santos D, Haddad M, Pesqueira A. Effect of accelerated aging on the micro hardness and color stability of flexible resins for dentures. Braz Oral Res 2010;24:114-9.

2. Korkmaz FM, Bağış B, Ayaz EA, Turgut S, Ateş SM, Tuzumer T: Effect of lazer treatments on the strenght of denture base repair. J Dent Fac Atatürk Uni 2014;24:74-80.

3. Jagger D, Harrison A, Jagger R, Milward P. The effect of the addition of poly (methyl methacrylate) fibres on some properties of high strength heat-cured acrylic resin denture base material. J Oral Rehabil 2003;30:231-5.

4. Radford DR, Challacombe SJ, Walter JD. Denture plaque and adherence of Candida albicans to denture-base materials in vivo and in vitro. Crit Rev Oral Biol Med 1999;10:99-116.

5. Keng SB, Lim M. Denture plaque distribution and the effectiveness of a perborate-containing denture cleanser. Quintessence Int 1996;27: 341-5.

6. Milenkovic J, Hrenovic J, Matijasevic D, Niksic M, Rajic N: Bactericidal activity of Cu-, Zn-, and Ag-containing zeolites toward Escherichia coli isolates. Environ Sci Pollut Res Int 2017;24:20273-81.

7. Abe Y, Ishii M, Takeuchi M, Ueshige S, Tanaka S, Akagawa Y. Effect of saliva on an antimicrobial tissue conditioner containing silver-zeolite. J Oral Rehabil 2004;31: 568–73.

8. Jo JK, El-Fiqi A, Lee JH, Kim DA, Kim HW, Lee HH. Rechargeable microbial anti-adhesive polymethyl methacrylate incorporating silver sulfadiazine-loaded mesoporous silica nanocarriers. Dent Mater 2017;33:e361-e72.

9. Chen R, Han Z, Huang Z, Karki J, Wang C, Zhu B, Zhang X. Antibacterial activity, cytotoxicity and mechanical behavior of nano-enhanced denture base resin with different kinds of inorganic antibacterial agents. Dent Mater J 2017;36(6):693-99.

10. Oyar P. Nanoparticles in dentistry, their applications, and biocompatibility. J Dent Fac

Atatürk Uni 2014;24:125-133.

11. Casemiro LA1, Gomes Martins CH, Pires-de-Souza Fde C, Panzeri H. Antimicrobial and mechanical properties of acrylic resins with incorporated silver-zinc zeolite - part I. Gerodontology 2008;25:187-94.

12. Kassaee M, Akhavan A, Sheikh N, Sodagar A. Antibacterial effects of a new dental acrylic resin containing silver nanoparticles. J Appl Polym Sci 2008;110:1699-703.

13. Ghaffari T1, Hamedi-Rad F. Effect of Silver Nano-particles on Tensile Strength of Acrylic Resins. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects 2015;9:40-3.

14. Feng D, Gong H, Zhang J, Guo X, Yan M, Zhu S. Effects of antibacterial coating on monomer exudation and the mechanical properties of denture base resins. J Prosthet Dent 2017;117:171-7.

15. de Castro DT, Valente ML, Agnelli JA, Lovato da Silva CH, Watanabe E, Siqueira RL, Alves OL, Holtz RD, dos Reis AC. In vitro study of the antibacterial properties and impact strength of dental acrylic resins modified with a nanomaterial. J Prosthet Dent 2016;115:238-46.

16. Wady AF, Machado AL, Zucolotto V, Zamperini CA, Berni E, Vergani CE. Evaluation of Candida albicans adhesion and biofilm formation on a denture base acrylic resin containing silver nanoparticles. J Appl Microbiol 2012;112:1163-72.

17. Ferreira L, Guedes JF, Almeida-Aguiar C, Fonseca AM, Neves IC. Microbial growth inhibition caused by Zn/Ag-Y zeolite materials with different amounts of silver. Colloids Surf B Biointerfaces 2016;142:141-7.

18. International Organization for Standards. Dentistry-Base polymers -Part 1: Denture base polymers. ISO 20795.

19. Sato S, Cavalcante MRS, Orsi IA, Zaniquelli O. Assessment of flexural strength and color alteration of heat-polymerized acrylic resins after simulated use of denture cleansers. Braz

Dent J 2005;16:124-8.

20. Sodagar A, Khalil S, Kassaee MZ, Shahroudi AS, Pourakbari B, Bahador A. Antimicrobial properties of poly (methyl methacrylate) acrylic resins incorporated with silicon dioxide and titanium dioxide nanoparticles on cariogenic bacteria. J Orthod Sci 2016;5:7-13.

21. Addy M, Handley R. The effects of the incorporation of chlorhexidine acetate on some physical properties of polymerized and plasticized acrylics. J Oral Rehabil 1981;8:155-63.

22. Yadav NS, Saraf S, Mishra SK, Hazari P. Effects of fluconazole, chlorhexidine gluconate, and silver-zinc zeolite on flexural strength of heat-cured polymethyl methacrylate resin. J Nat Sci Biol Med 2015;6:340-2.

23. Shibata T, Hamada N, Kimoto K, Sawada T, Sawada T, Kumada H, Umemoto T, Toyoda M. Antifungal effect of acrylic resin containing apatite-coated TiO2 photocatalyst. Dent Mater J 2007;26:437-44.

24. Sodagar A, Kassaee M, Akhavan A, Javadi N, Arab S, Kharazifard M. Effect of silver nano particles on flexural strength of acrylic resins. J Prosthodont Res 2012;56:120-4.

25. Sodagar A, Bahador A, Khalil S, Shahroudi AS, Kassaee MZ. The effect of TiO2 and SiO2 nanoparticles on flexural strength of poly (methyl methacrylate) acrylic resins. J Prosthodont Res 2013;57:15-9.

26. Han Y, Kiat-amnuay S, Powers JM, Zhao Y. Effect of nanooxide concentration on the mechanical properties of a maxillofacial silicone elastomer. J Prosthet Dent 2008;100:465-73.

27. Mutneja P. Flexural strength of heat cure acrylic resin after incorporating different pertentages of silver zinc zeolite an in-vitro study. Int J Clin Cases Investig 2012;25:31.

28. Takahashi Y, Hamanaka I, Shimizu H: Effect of thermal shock on mechanical properties of injection-molded thermoplastic denture base resins. Acta Odontol Scand 2012;70:297-302.

29. Singh RD, Gautam R, Siddhartha R, Singh BP, Chand P, Sharma VP, Jurel SK. High performance liquid chromatographic determination of residual monomer released from heat-cured acrylic resin. An in vivo study. J Prosthodont. 2013;22:358-61.

30. Kawaguchi T, Lassila LV, Sasaki H, Takahashi Y, Vallittu PK. Effect of heat treatment of polymethyl methacrylate powder on mechanical properties of denture base resin. J Mech Behav Biomed Mater 2014;39:73-8.

31. Machado AL, Puckett AD, Breeding LC, Wady AF, Vergani CE. Effect of thermocycling on the flexural and impact strength of urethane-based and high-impact denture base resins. Gerodontology 2012;29:e318-23.

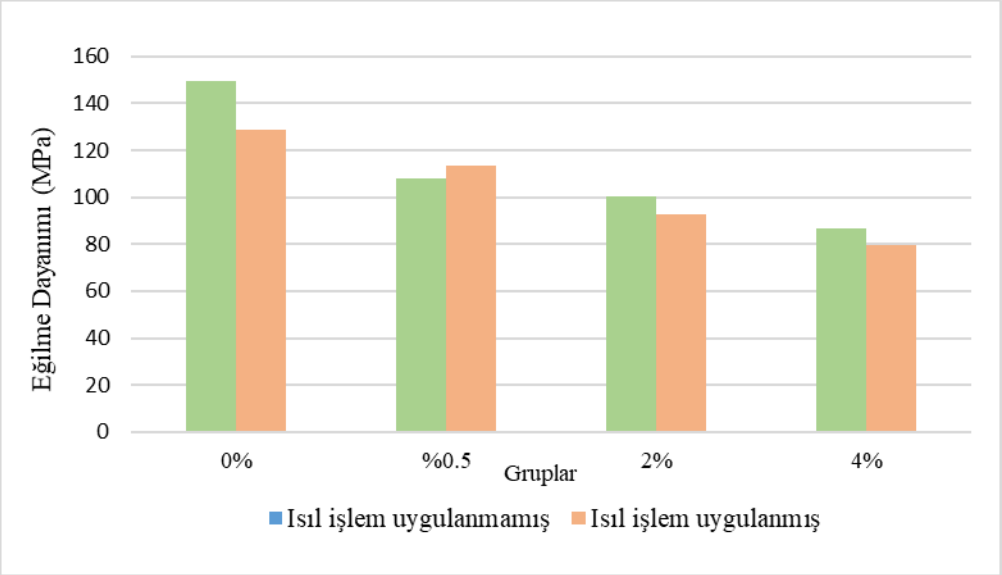
32. Ayaz EA, Bağış B, Turgut S. Effects of thermal cycling on surface roughness, hardness and flexural strength of polymethyl methacrylate and polyamide denture base resins. J Appl Biomater Funct Mater 2015;13:e80-6.

33. Silva Cde S, Machado AL, Chaves Cde A, Pavarina AC, Vergani CE. Effect of thermal cycling on denture base and autopolymerizing reline resins. J Appl Oral Sci 2013;21:219-24.

34. Köroğlu A, Şahin O, Kürkçüoğlu I, Dede DÖ, Özdemir T, Hazer B. Silver nanoparticle incorporation effect on mechanical and thermal properties of denture base acrylic resins. J Appl Oral Sci 2016;24:590-6.

35. Sato S, Cavalcante MRS, Orsi IA, Zaniquelli O. Assessment of flexural strength and color alteration of heat-polymerized acrylic resins after simulated use of denture cleansers. Braz Dent J 2005;16:124-8.

ŞEKİLLER



Şekil 1. Grupların eğilme dayanımlarının kıyaslanması

RESİM



Resim1. Gruplara göre 3 nokta eğme testi ile kırılmış olan örnekler

Tablo 1. Isıl döngü işleminin etkisinin değerlendirilmesi (n=10)

Değişkenliğin Kaynağı	DF	SS	MS	F-Değeri	P-Değeri
Grup	3	39899,9	13300,0	68,88	0,000*
Isıl döngü	1	3346,2	3346,2	17,33	0,000*
Grup*Isıl döngü	3	487,5	162,5	0,84	0,476
Hata	72	13903,1	193,1		
Toplam	79	57636,7			

Varyans analizi sonuçları ($p<0.05$). * İstatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir. **DF**: Serbestlik derecesi (Degrees of Freedom); **SS**: Kareler Toplamı (Sum of Squares); **MS**: Kareler Ortalamaları (Mean Squares).