

Protez Kaide Materyali Olarak Kullanılan Akrilik Rezinlerin Kopolimerizasyon Yöntemiyle Güçlendirilmesi

Reinforcement Of Acrylic Resin Denture Base Material By Copolymerisation Mechanism

Elif Aydoğan Ayaz¹, Rukiye Durkan², Bora Bağış³

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Trabzon

²Afyon Kocatepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Afyon

³İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, İzmir

ÖZ

Hareketli protezlerde kullanılan akrilik kaide rezinlerinin beklenen ideal mekanik özellikleri gösterememesi sonucunda materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin artırılması amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kopolimerizasyon mekanizması ile kimyasal yapısı modifiye edilen dental polimerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri geliştirilebilmektedir. Bu makale, protez kaide rezinlerinin kopolimerizasyon yöntemiyle güçlendirilmesini ve kopolimerizasyon olayının akrilik rezinlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koyan bir literatür derlemesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: akrilik rezin, protez kaide maddesi, kopolimerizasyon, mekanik dayanıklılık

ABSTRACT

Several methods have been investigated to improve the physical and chemical properties of denture base resins due to the lack of ideal mechanical properties for the fabrication of removable prostheses. Copolymerisation mechanism improves the physical and mechanical properties of dental polymers by the modification of the chemical structure. This article presents a literature review about reinforcement of denture base resins by the copolymerisation mechanism and the effects of the copolymerisation on the physical and mechanical properties of acrylic resins.

Keywords: acrylic resin, denture base material, copolymerization, mechanical strength

GİRİŞ

Akrilik rezinler, akrilik asit ve türevlerinden elde edilen polimerler grubudur. Ticari akrilik polimerler genellikle akrilik asit, metakrilik asit, akrilik asit esterleri, metakrilik asit esterleri, akrilonitril ve akrilamid monomerlerinin polimerizasyonu ile üretilmektedir. Diş hekimliğinde en çok kullanılan akrilik rezin, metakrilik asitin metil esterleri olan metilmetakrilatın polimerizasyonu ile elde edilen polimetilmetakrilat (PMMA) polimeridir.^{1,2} Tam protezlerin yapımında kullanılan akrilik kaide plağının dayanıklılığının yetersiz olması, protezlerden beklenen ideal mekanik özelliklerin karşılanamamasına neden olmaktadır.³⁻⁵

Protez kaide kırıkları, genel olarak bükülme yorgunluğu oluşturan kuvvetler ve çarpma kuvvetleri olarak iki değişik türdeki kuvvetlere bağlı olarak meydana gelirler.⁶⁻⁸ Bükülme yorgunluğu, tek başına materyale zarar vermeyecek kadar küçük kuvvetlerin, kuvvet yoğunlaşmalarının olduğu bölgelerde zamanla küçük çatlaklar oluşturması şeklinde ifade edilmektedir. Bu kuvvetlerin devamlılığına bağlı olarak çatlaklar zaman

inde küçük yarıklar oluşturmakta ve yapıyı zayıflatmaktadır. Kırılma, yapının mekanik direncini aşacak bir yükleme devresine maruz kalması sonucu oluşmaktadır.^{9,10} Bir insanın yılda ortalama 500 000 kez ısırma yapması sebebiyle tam protezler fonksiyonel kullanımları boyunca, çok sayıda bükülmelere maruz kalmakta ve yorulma başarısızlığı riski artmaktadır.¹¹ Okluzal ısırma kuvvetleri protezlere veya destek dokulara düzenli dağılmazlar. Çiğneme sırasında üst protezin posterior kısmındaki sürekli lateral gerilmeler, üst 1. kesici dişler arası bölgelerde makaslama gerilmelerinin oluşmasına neden olur. Böylece orta hat kırılmaları meydana gelir ki bu durum büyük oranda kaide plağı yorulmalarından kaynaklanır.^{8,12}

Protez kaide plağı kırılmasında etkili bir diğer faktör ise çarpma kuvvetleridir. Protezlerin temizlenmesi sırasında veya şiddetli öksürme ile sert zemine düşürülmesiyle kırılmalar oluşur. Alt tam protezlerde kırılmalar %80 oranında çarpma kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır.^{8,13}

Hargreaves¹³, hareketli protezlerde, kullanıldıkları ilk 3 yıl içinde %68 oranında kırık meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yli-Urpo ve arkadaşları¹⁴ ise, protezlerin %39'unun 3 yıllık kullanımı sonucu tamir gerektirdiğini belirtmişlerdir. Darbar ve arkadaşlarının¹⁵ yaptığı araştırmaya göre, protez tamirlerinin %33'ünü diş kırıkları ve ilaveleri oluştururken, %29'unu üst tam protezin orta hattında görülen kırık tamirleri oluşturmaktadır. Diğer tip kırıklar ise yaklaşık olarak %38 oranında görülmektedir.

Günümüzde akrilik rezin protezlerde kırık görülmesi, mekanik özelliklerin geliştirilmesi yönündeki çalışmaların yapılmasına sebep olmuştur. Bu doğrultuda bugüne kadar materyalin mekanik özelliklerinin geliştirilmesi için pek çok teknik ve yöntem denenmiştir.^{6,7} Bu derlemenin amacı, hareketli protezlerin yapımında kaide maddesi olarak kullanılan akrilik rezinlerin kopolimerizasyon yöntemiyle güçlendirilmesini ve kopolimerizasyon işleminin akrilik rezinler üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır.

Protez Kaide Rezinlerini Güçlendirme Yöntemleri

Genel olarak akrilik rezinlerin (PMMA) darbe ve yorulmaya karşı direncini artırmak için 3 yöntem geliştirilmiştir. Bunlar;

- 1.PMMA'ya alternatif olabilecek yeni materyalin araştırılması ve geliştirilmesi
- 2.PMMA'ya bazı maddelerin ilavesi ile güçlendirilmesi
- 3.PMMA'nın kimyasal olarak modifikasyonu^{6,7}

PMMA'ya alternatif kaide maddesi olarak poliamid, epoksi rezin, polistren, vinil akrilik ve polikarbonat gibi farklı polimerler kullanıma sunulmuş ancak hiçbiri klinik kullanımda PMMA'nın yerini alamamıştır.⁷

Akrilik rezinlerin metal tel ya da plaka ilavesi ile güçlendirilmesi ise uygulanan bir diğer güçlendirme metodudur. Akrilik rezin ile güçlendirme materyali olarak kullanılan metal arasında iyi bir adezyon sağlanamaması sonucu polimer matriks yapısı içerisinde hava kabarcıkları ve boşluklar oluştuğu gözlenmiştir. Bu olumsuz durumun üstesinden gelebilmek için silan ve benzeri bağlayıcı ajanların kullanımı gündeme gelmiştir.^{7,8} Kaide materyalinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla yapıya çeşitli fiber sistemleri katılmıştır. Araştırmacılar bu amaçla karbon, aramid, cam ve polietilen fiberler kullanmışlardır. Akrilik rezinlerin yapısına ağ ya da iplikler halinde yerleştirilen fiberlerin, materyalin dayanıklılığında artma, azalma veya herhangi bir değişiklik olmaması gibi farklı etkiler sergilediği rapor edilmiştir.^{10,12} Ayrıca fiberle güçlendirme işleminde fiberin tipi, miktarı ve polimer matrikse bağlanmasının, rezinin dayanıklılığını etkileyen

faktörler arasında olduğu bildirilmiştir. Bu tekniğin maliyet artışına sebep olması rutin olarak kullanımını sınırlandırmıştır.^{8,12,16}

Akrilik rezinlerin kimyasal yapısının modifiye edilmesi yoluyla akrilik kopolimerlerin oluşturulması, faydası kanıtlanmış bir güçlendirme mekanizmasıdır. PMMA'ya polimer matriks ile bağlantı yapan lastik ilave edilerek güçlendirilmesi günümüzde başarılı olduğu kabul gören bir güçlendirme yöntemidir.¹⁷ Ancak maliyetin yüksek olması rutin kullanımını sınırlandırmaktadır.

Akrilik rezinlerin güçlendirilmesi amacıyla, metilmetakrilat monomerine farklı monomerler katılarak kopolimer yapılar oluşturulduğu rapor edilmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde bütadien stiren, glikoldimetakrilat, flooalkilmetakrilat, etil metakrilat gibi çeşitli monomerler ile hazırlanan akrilik kopolimerlerin, rezinin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerini olumlu etkilediği bildirilmiştir.⁶⁻⁸

Akrilik Rezinlerin Kopolimerizasyonu

İki veya daha çok tipte monomer birimlerinin, bir yüksek polimer içinde bağlanması olayına kopolimerizasyon, böyle bir reaksiyonla elde edilen ürüne ise kopolimer denir. Her kopolimer molekülünde, farklı monomer birimleri birbirlerine kimyasal bağlarla bağlanmışlardır. Kopolimerizasyonda bir araya getirilen monomerlerin yapıları ve miktarları kopolimerin özelliklerini belirler.¹⁸ Kopolimerler teknolojik bakımdan büyük önem taşır. Bu işlem sayesinde, istenilen özelliklerdeki bir polimerik ürünü daha geniş bir hareket serbestliği içinde tasarlayıp hazırlamak mümkün olabilmektedir. Kopolimer yapıyı oluşturan monomerlerin çeşitleri ile göreceli miktarlarının değiştirilmesi, hemen hemen sınırsız sayıda farklı polimerlerin yapılması olanağını sağlamaktadır.^{19,20} Değişik fiziksel özellikler gösteren iki farklı monomer, farklı oranlarda karıştırılarak farklı özelliklere sahip yeni bir yapı elde edilebilir. Bu şekilde mevcut polimerin çarpma dayanıklılığı, elastik modülü, esnekliği gibi mekanik özellikleri ile termal ve kimyasal yapıları geliştirilebilir.

Kopolimerizasyon Yönteminin Polimerlerin Yapısal Özelliklerine Etkisi

Kopolimerizasyon yöntemi polimerlerin molekül ağırlığını, polimerizasyon derecesini, fiziksel ve moleküler yapısını etkiler.¹⁹ Bu yöntem ile modifiye edilen polimerin molekül ağırlığı ve molekül ağırlığı dağılımı değişir. Polimerleri diğer malzemelerden farklı ve kullanılabilir kılan mekanik özellikler, molekül

ağırlığının bir sonucudur. Polimerin mukavemetini karakterize eden birçok önemli mekanik özellik, büyük derecede molekül ağırlığına bağlıdır. Genel olarak yüksek molekül ağırlıkları, bir polimerin özelliklerini iyileştirir, fakat akışkan haldeki direncini yani viskozitesini yükselteceğinden polimerin işlenmesini zorlaştırır. Molekül ağırlığı dağılımı ise polimerlerin işlenmesinde ve son özelliklerin kazandırılmasında etkilidir.^{19,20}

Bağımsız polimerik zincirlerin, kimyasal bağlarla birbirine bağlanması ile üç boyutlu moleküler şebekeler meydana gelir.¹⁸ İki farklı monomer karıştırıldıktan sonra işleme koşullarına bağlı olarak ayrı fazlar oluşur. Moleküler dağılım, kararlı hale gelebilmek için çapraz bağlanmalar yapabilir böylece kenetlenmiş polimerik şebekeler (IPN; interpenetrating network) meydana gelir.^{19, 21} Çapraz bağlar veya zincir arası bağlantılar sadece kimyasal işlemlerle parçalanabilirler.²² Polimer yapısına glikol dimetakrilat gibi çapraz bağlantı ajanı ilave edilmesi ile polimerin dayanıklılık ve darbe direnci değerlerinin arttığı rapor edilmiştir.^{23,24} Huang ve Jones²⁵, vinil akrilik ile N-metil akrilamid ve partiküller arası çapraz bağlantı ajanı olarak görev yapan etilen glikol dimetakrilat monomerlerinin kopolimerizasyonu ile elde edilen kopolimerlerin gerilme, çarpma ve çekme kuvveti değerlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Polimerlerin termal karakterleri, maddenin fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir.²⁶ Sıcaklık artırıldığında materyal camsı fazdan önce viskoelastik daha sonra da elastomerik faza geçer.²⁷ Polimerlerin ısı ve/veya basınç ile işlenmesini kolaylaştırmak, esnekliğini artırmak amacıyla plastikleştiriciler yapıya ilave edilmektedir. Plastikleştirici, eklendiği yapının camsı geçiş sıcaklığını ve elastik modülünü düşürme eğilimi göstermektedir. Bu materyaller polimer zincirlerini bir arada tutan bağlantı noktaları üzerinde etkilerini gösterirler. Bu bölgelerde molekül ağırlığını arttırarak polimeri adeta seyreltirler. Küçük oranlarda yapıya ilave edilen bu organik materyaller, zamanla polimerden ayrılıp uzaklaşırlar. Bu durum, geride kalan polimer yapısının kırılma dayanıklılığının artmasına neden olur.²¹ Akrilik kaide rezinlerinin kırılma nedenlerinden biri de ayrılımdır. Eğer plastikleştirici organik bileşikler polimer zincirine kimyasal bağlarla bağlanabilirse, zamanla ayrılmaz ve materyali devamlı olarak esnek tutabilir. Bu şekilde kaide rezinlerine gelen kuvvetlerin etkileri tüm yapıya yayılarak, kırılmaya neden olan etkiler azaltılmış olur. Chen ve Kusy²⁸ metilmetakrilat monomeri ile metakrilik asit monomerini karıştırarak oluşturdukları kopolimer yapıların termal özelliklerini değerlendirmiş ve kontrol grubunun camsı

geçiş sıcaklığı 107°C iken, kopolimer gruplarda bu sıcaklığın 112°C'ye kadar çıktığını bildirmişlerdir.

Kopolimerizasyon Yönteminin Akrilik Rezinlerin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkileri

Kopolimerizasyon ile polimer yapısı değişen akrilik rezinler, yapıya ilave edilen monomerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinden etkilenmektedir. Konu ile ilgili literatür incelendiğinde, dış hekimliğinde metilmetakrilat monomeri ile kopolimer yapı oluşturmak için rijit rod monomerler, tetrametildisiloksan, etil-, bütil-, izobütil metakrilat ve flooroalkil metakrilat monomerlerinin kullanıldığı görülmüştür. Kimya endüstrisinde ise; metakrilik asit, akrilamid, etil metakrilat, metil klorid, florin ve diamantil metakrilat monomerleri kullanılmıştır.²⁹⁻³¹

Rodford¹⁷, PMMA yapısındaki protez kaide maddesinin, kopolimerizasyon mekanizmasıyla güçlendirilmesi amacıyla düşük molekül ağırlığına sahip bütadien-stiren monomerleri kullanmıştır. Elde ettiği kopolimer yapıları, monomer ilavesi yapılmadan hazırlanan kontrol grupları ile karşılaştırdığında darbe dayanımlarında artış olduğunu bildirmiştir. Bununla beraber monomer ilavesinin elastik modül değerlerinde azalmaya sebep olması gibi olumsuz etkileri de tespit edilmiştir. Cho ve arkadaşları³² ise, stiren ve metil metakrilat monomerleri ile oluşturulan kopolimerlerin, materyalin kırılma dayanıklılığını arttırdığını bildirmiştir. Bir başka in vitro çalışmada, PMMA içerikli protez kaide materyallerinin akrilamid monomeri ilavesi ile kopolimerleri oluşturulmuş ve elde edilen kopolimerlerin, transvers dayanıklılık ve mikrosertlik değerlerinin kontrol gruplarından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada test gruplarının termal karakterleri de incelenmiş ve kopolimerlerin daha yüksek camsı geçiş sıcaklığına sahip olduğu görülmüştür.^{33,34} Meng ve Latta³⁵, bütil lastiği ile güçlendirilmiş ısı ile polimerize akrilik rezin ile ısı ile polimerize üç farklı konvansiyonel akrilik rezine, Izod çarpma dayanıklılığı ve üç nokta eğme testleri uygulayarak mekanik özellikler yönünden karşılaştırmış ve kopolimer rezinin diğerlerine göre daha yüksek değerler gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Umamoto ve Kurata³⁶, PMMA'nın su emilim miktarını azaltmak amacıyla metilmetakrilat monomerine, hidrofobik fonksiyonel gruplara sahip olan narbonil ve fenil metakrilat monomerleri ilave edilerek kopolimer yapılar oluşturmuşlardır. Sonuç olarak elde edilen kopolimerlerin su emilim değerlerinin, kontrol grubuna göre belirgin olarak azaldığını gözlemlemişlerdir.

Ayrıca bu kopolimerlerin baskı ve gerilme dayanımlarının da arttığını bildirilmişlerdir.

Hayakawa ve arkadaşları³⁷, PMMA içerikli yumuşak astar maddesinin fluoroalkil monomeri ilavesi ile elde edilen kopolimerlerini, fluoroalkil monomer içermeyen gruplarla karşılaştırmış ve kopolimer yapıların su emme ve renklenmeye dirençlerinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Kopolimerizasyon yöntemi protez kaide rezinlerinin güçlendirilmesinin yanında, çeşitli dental rezinlerin modifiye edilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Kurata ve Yamazaki³⁸, metilmetakrilat esaslı dental rezinlerin bazı mekanik özelliklerinin ve suya dayanıklılığının iyileştirilmesi amacıyla, dimethacryloxyethyl-1,1,6,6-tetrahydro-perfluoro-hexamethylene-1,6-dicarbamate monomerini farklı oranlarda ilave ederek kopolimerler oluşturmuş, elde edilen kopolimer yapıların çekme, çarpma ve kırılma dayanıklılıklarının diğer gruplara göre daha yüksek değerler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kopolimerizasyonun olumlu etkilerinin rapor edildiği çalışmaların yanında, olumsuz etkilerin rapor edildiği çalışmalar da literatürde görülmektedir. Cunha ve arkadaşları³⁰, metil metakrilat esaslı protez kaide rezinlerine fluoroalkil metakrilat monomeri ilave ederek kopolimer yapı oluşturmuş ve elde edilen kopolimer rezinin, kontrol gruplarına göre daha düşük transvers dayanıklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Bunun nedenini ise, fluoroalkil metakrilat homopolimerinin esas olarak zayıf bir madde olması ve mevcut özelliklerinin kopolimeri olumsuz etkilediği şeklinde açıklamışlardır.

Puri ve arkadaşları³¹, protez kaide maddesi olarak kullanılan akrilik rezinlerin yapısına, fosfat grubu moleküller ekleyerek rezinin kimyasal yapısını modifiye etmişlerdir. PMMA esaslı bir kaide rezini kullanılarak hazırlanan örnek gruplarına hacimce %10, %15 ve %20 oranlarında etilen glikol metakrilat fosfat (EGMP) monomeri eklemiş ve elde ettikleri kopolimer yapının mekanik özelliklerini Izod çarpma testi ve kırılma dayanıklılığı testi ile değerlendirmişlerdir. Elde edilen ortalama değerler incelendiğinde bu modifikasyonun rezinin mekanik özelliklerinde artma ya da azalmaya neden olmadığını bildirmişlerdir.

Umamoto ve arkadaşları³⁹, PMMA esaslı kaide maddeleri ile silikon esaslı yumuşak astar maddeleri arasında kimyasal bir bağlantı oluşturmak amacıyla, sıvı haldeki saf metil metakrilat monomerine, molekül ağırlıklarına göre %10, %30, %50 ve %70 oranlarında tetrametildisiloksan monomeri ilave etmişlerdir. Hazırladıkları kopolimer ve kontrol gruplarına uyguladıkları üç nokta eğme testi sonucunda transvers

defleksiyon değerlerinde artış gözlerken, baskı ve eğilmeye karşı dayanıklılık ile eğilme modulus değerlerinde azalma görmüşlerdir.

SONUÇ

Protetik diş tedavilerinin önemli bir bölümünü oluşturan hareketli protezlerin klinik başarısı hem hasta hem de hekim açısından istenmektedir. Bu amaçla klinikte sıklıkla karşılaşılan bir sorun olan protez kırıklarının önlenmesi için çeşitli yöntem ve materyaller denenmektedir.^{40,41} Kopolimerizasyon işlemi, dental polimerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin modifiye edilebildiği faydalı bir yöntemdir. Kopolimerizasyon işleminde, kopolimer yapıyı oluşturan monomerlerin çeşitleri ve miktarlarının değiştirilmesi ile daha geniş bir hareket serbestliği içinde farklı polimerler yapılabilmektedir. Bu amaçla farklı materyaller denenmeli ve laboratuvar ortamında kullanımı kolay yöntemler geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Rawls HR. Dental Polymers. In: Phillips' Science of Dental Materials. Elsevier Science Ltd St Louis 2003; 610-625.
2. Çalikkocaoğlu S. Tam Protezler. Üçüncü Baskı. Protez Akademisi ve Gnatoloji Derneği Bilimsel Yayın. İstanbul. 1998; 532-550.
3. McCord JF. Contemporary techniques for denture base fabrication. *J Prosthodont* 2009; 18: 106-111.
4. Ping-Chaing BK. Polymers in the service of prosthetic dentistry. *J Dent* 1984; 12 (3): 203-214.
5. Phoenix RD. Denture base materials. *Dent Clin North Am* 1996; 40: 113-120.
6. Jagger DC, Harrison A, Jandt KD. The reinforcement of dentures: Review. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 185-194.
7. Pamir AD, Bağış B, Durkan R, Köroğlu A. Tam protez kaide plağı kırılma nedenlerinin değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg* 2007; 10(1): 64-68.
8. Jagger DC, Harrison A. The fractured denture-solving the problem. An update for general dental practice. *Prim Dent Care* 1998; 5: 159-162.
9. Wisskott HWA, Nichols JI, Belser VC. Stress fatigue: Basic principles and prosthodontic implications. *Int J Prosthodont* 1995; 8: 105-116.
10. Polyzois GL, Tarantili PA, Frangou MJ, Andreopoulos AG. Fracture force, deflection at fracture, and toughness of repaired denture resin subjected to microwave polymerization or reinforced

- with wire or glass fiber. *J Prosthet Dent* 2001; 86(6): 613-619.
11. Lassila V, Holmund I, Koivumaa KK. Bite force and its correlations in different denture types. *Acta Odontol Scand* 1985; 43: 127-132.
 12. Valittu PK. A review of fibre-reinforced denture based resins. *J Prosthodont* 1996; 5: 270-276.
 13. Hargreaves AS. The prevalence of fracture denture A survey. *Br Dent J* 1969; 126: 451-455.
 14. Yli-Urpo A, Lappalainen R, Huuskonen O. Frequency of damage to and need for repairs of removable dentures. *Proc Finn Dent Soc* 1985; 81: 151-155.
 15. Darbar UR, Hugget R, Harrison A. Denture fracture A survey. *British Dent J* 1994; 176: 342-345.
 16. Levent H, Karaağaçlıoğlu L. Protez kaide rezinlerinin güçlendirilmesi. *Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg* 2004; 21(2): 135-142.
 17. Rodford RA. Further development and evaluation of high impact strength denture base materials. *J Dent* 1990; 18: 151-157.
 18. Cheremisinoff NP. *Advanced Polymer Processing Operations*. Noyes Publication, Westwood NJ 1998; 245.
 19. Beşergil B. *Polimer Kimyası Gazi Kitabevi*. Ankara. 2008; 60-72.
 20. Qiang Y, Spencer Paulette, Wang Y. Nanoscale patterning in crosslinked methacrylate copolymer networks: An atomic force microscopy study. *J Appl Polym Sci* 2007; 106(6): 3843-3851.
 21. Vuorinen AM, Dyer SR, Lasilla L, Vallittu PK. Effect of rigid polymer filler on mechanical properties of poly-methyl methacrylate denture base materials. *Dent Mater* 2008; 24: 708-713.
 22. Sorai M. *Comprehensive Handbook of Calorimetry and Thermal Analysis J*. Wiley 2004; 29: 123-13.
 23. Diaz AM, Vargas MA, Shaull KL, Laffoon JE, Qian F. Flexural and fatigue strengths of denture base resins. *J Prosthet Dent* 2008; 100(1): 47-51.
 24. Memon MS, Yunus N., Abdulrazak AA. Some mechanical properties of a highly cross-linked, microwave polymerized, injection molded denture base polymers. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 214-218.
 25. Huang Y, Jones FN. Synthesis of crosslinkable acrylic latexes by emulsion polymerization in the presence of etherified melamine-formaldehyde (MF) resins. *Prog Org Coat* 1996; 28: 133-141.
 26. Usanmaz A, Ateş J, Doğan A. Thermal and Mechanical Properties of Microwave- and Heat-Cured Poly(methyl methacrylate) Used as Dental Base Material. *J Appl Polym Sci* 2003; 90: 251-256.
 27. Cheremisinoff NP. *Polymer Characterisation. Laboratory Techniques and Analysis*. Noyes Publication. Westwood NJ 1996; 123-128.
 28. Chen T, Kusy RP. Effect of methacrylic acid:methyl methacrylate monomer ratios on polymerization rates and properties of polymethyl methacrylates. *J Biomed Mater Res* 1997; 36(2): 190-199.
 29. Arle MJ, Dadmun MD. The reinforcement of polystyrene and poly (methyl methacrylate) interfaces using alternative copolymers. *Polym* 2003; 44: 6883-6889.
 30. Cunha TM, Regis RR, Bonatti MR, Souza RF. Influence of incorporation of fluoroalkyl methacrylates on roughness and flexural strength of a denture base acrylic resin. *J Appl Oral Sci* 2009; 17(2): 103-107.
 31. Puri G, Berzins DW, Dhuru VB, Raj PA, Rambhia SK, Dhir G, Dentino AR. Effect of phosphate group addition on the properties of denture base resins. *J Prosthet Dent* 2008; 100: 302-308.
 32. Cho K, AHN Ryu, HS, Seo KH. Mechanical effects according to the type of poly (styrene-co-methyl methacrylate) copolymers at polystyrene/poly(methyl methacrylate) interfaces. *Polym* 1996; 37: 21-24.
 33. Ayaz EA, Durkan R, Bağış B. The effect of acrylamide incorporation on the thermal and physical properties of denture resins. *J Adv Prosthodont* 2013; 5(2): 110-117.
 34. Ayaz EA, Durkan R. Influence of acrylamide monomer addition to the acrylic denture-base resins on mechanical and physical properties. *Int J Oral Sci* 2013; 5: 229-235.
 35. Meng TR, Latta MA. Physical properties of four acrylic denture base resins. *J Contemp Dent Pract* 2005; 15: 93-100.
 36. Umemoto K, Kurata S. Basic study of a new denture base resin applying hydrophobic methacrylate monomer. *Dent Mater J* 1997; 16(1): 21-30.
 37. Hayakawa I, Akiba N, Keh E, Kasuga Y. Physical properties of a new denture lining material containing a fluoroalkyl methacrylate polymer. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 53-58.
 38. Kurata S, Yamazaki N. Synthesis of dimethacryloxy ethyl-1,1,6,6-tetrahydro perfluorohexamethylene-1,6-dicarbamate as dental base monomers and the mechanical properties of the copolymers of the monomer and methyl methacrylate. *Dent Mater J* 2011; 30(1): 103-108.
 39. Umemoto K, Kurata S, Morishita K, Kawase K. Basic study of a new soft resin applied with

- bisfunctional siloxane oligomer. *Dent Mater J* 2007; 26 (5): 656-658.
40. Murthy HB, Shaik S, Sachdeva H, Khare S, Haralur SB, Roopa KT. Effect of Reinforcement Using Stainless Steel Mesh, Glass Fibers, and Polyethylene on the Impact Strength of Heat Cure Denture Base Resin - An In Vitro Study. *J Int Oral Health* 2015; 7(6): 71-79.
41. Hamouda IM, Beyari MM Addition of glass fibers and titanium dioxide nanoparticles to the acrylic resin denture base material: comparative study with the conventional and high impact types. *Oral Health Dent Manage* 2014; 13(1): 107-112.

Yazışma Adresi:

Yrd. Doç. Dr. Elif AYDOĞAN AYAZ
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi AD
Kanuni Kampüsü
61080 Trabzon, Türkiye
05333108966
aydelif@hotmail.com