

Araştırma Makalesi

Mersin Univ Sağlık Bilim Derg 2022;15(2):292-300

doi:10.26559/mersinsbd.1070743

Karvakrol ilave edilmiş antimikrobiyal yumuşak protez astarının yırtılma ve çekme bağlanma dayanımı ve sertliği

 Ayse Seda Ataol¹,  Gulfem Ergun²,  Aysel Ugur³,  Nurdan Sarac⁴

 Tuba Baygar⁵

¹ Zoom Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği, Ankara, Türkiye

² Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Ankara, Türkiye

³ Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji AD, Ankara, Türkiye

⁴ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye

⁵ Muğla Sıtkı Koçman Ü., Araştırma Laboratuvarları Uyg. ve Araştırma Merkezi, Muğla, Türkiye

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı, fenolik bir bileşik olan karvakrol (kekik yağı) ile antimikrobiyal özellik kazanmış yumuşak protez astarının protez kaide materyaline bağlanma dayanımı, yırtılma dayanımı ve sertliğini değerlendirmektir. **Yöntem:** Her mm³'e 0.5 mL karvakrol eklenen silikon esaslı yumuşak protez astarı kontrol grubu (karvakrol ilavesiz silikon esaslı yumuşak protez astarı) (n=10/alt grup başına) ile karşılaştırıldı. Tüm test gruplarında numunelerin yarısı distile suda (37°C) tutulurken, diğer yarısına termal yaşlandırma (10000 termal döngü-1 hafta) uygulandı. Karvakrol ilave edilmiş ve edilmemiş yumuşak protez astarının yırtılma dayanımı evrensel bir test cihazında (Lloyd Universal Tester; AMETEK, Inc., Hampshire, İngiltere) 50 mm/dak'lık bir çapraz kafa hızında, çekme bağlanma dayanımı aynı cihaz ile 10 mm/dak çapraz kafa hızında ve sertliği dijital vikers sertlik ölçüm cihazında (HMV, Shimadzu, Tokyo, Japonya) test edildi. Aksi belirtilmedikçe, p<0.05 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Ancak, olası tüm çoklu karşılaştırmalarda Tip I hatayı kontrol etmek için Bonferroni Düzeltmesi yapıldı. **Bulgular:** Çalışmamızdan elde edilen bulgular dahilinde, yumuşak protez astarına karvakrol ilavesi, test edilen yırtılma ve çekme bağlanma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler göstermedi (p>0.05). Ayrıca tüm test gruplarında kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir sertlik artışına neden oldu (p<0.001). Termal yaşlandırma genel olarak mekanik özellikler üzerinde önemli bir etki göstermedi (p>0.05). **Sonuç:** Bu in vitro çalışma, yumuşak protez astarına antimikrobiyel etkinliği bulunan karvakrol ilavesinin malzemenin yırtılma ve çekme bağlanma dayanımına etki etmediğini, ancak sertliğini arttırdığını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Protez astarları, kekik bitkisi, yırtılmalar, gerilme direnci, sağlamlık testleri

Yazının geliş tarihi: 09.02.2022

Yazının kabul tarihi: 06.07.2022

Sorumlu Yazar: Ayse Seda Ataol, Zoom Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği, Çankaya, Ankara, Tlf: 05367691727, E-posta: sedaataol@gmail.com

Tear and tensile bond strength and hardness of carvacrol added antimicrobial soft denture liner

Abstract

Objective: The purpose of this study was to evaluate bonding strength to denture base material, tear strength and hardness of soft denture liner that gained antimicrobial properties with carvacrol (thyme oil) that is a phenolic compounds. **Method:** Silicone based soft denture liner added 0.5 mL of carvacrol per mm³ was compared to the control group (silicone based soft denture liner without carvacrol addition) (n=10/per subgroup). While half of the samples were kept in distilled water (37°C) in all test groups, thermocycling (10000 thermal cycle-1 week) was applied to the other half. Tear strength of soft denture liner with and without carvacrol addition in a universal tester (Lloyd Universal Tester; AMETEK, Inc., Hampshire, UK) at a crosshead speed of 50 mm/min, tensile bond strength at 10 mm/min cross-section head speed with the same device and hardness were tested with a digital Vikers hardness tester (HMV, Shimadzu, Tokyo, Japan). Unless otherwise stated, results for p<0.05 were considered statistically significant. Bonferroni Correction was performed to control for Type I error in all possible multiple comparisons. **Results:** Within the findings obtained from our study, the addition of carvacrol to the soft denture liner did not show statistically significant effects on the tested tear and tensile bond strength (p>0.05). In addition, in all test groups, it caused a statistically significant increase in hardness compared to the control group (p<0.001). Thermal aging generally did not show a significant effect on mechanical properties (p>0.05). **Conclusion:** This in vitro study revealed that the addition of carvacrol, which has antimicrobial activity, to the soft denture liner did not affect the tear and tensile bond strength of the material, but increased its hardness.

Keywords: Denture liners, thymus plant, tear, tensile strength, hardness tests

Giriş

Yumuşak ağız dokuları ile sert protez kaidesi materyali arasında uzun süreli temas sonucu travmatize ağız mukozasının neden olduğu kronik ağrı veya rahatsızlıkların giderilmesinde genellikle yumuşak protez astarları tercih edilmektedir.¹ Protez astarlarının gözenekliliği mikroorganizma kolonizasyonunu artırabilmekte ve doku iltihabına neden olabilmektedir.^{2,3} Malzemenin mekanik ve kimyasal olarak temizlenmesindeki zorluklar alternatif yol arayışlarına yol açmıştır.⁴ Bitki esansiyel yağlarının ve bileşenlerinin antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak özellikle sağlık alanında kullanımı gündemdedir.⁵

Karvakrolün antioksidan, antibakteriyel, antifungal ve antiparaziter etkinliği (2-Metil-5-metiletil-kekikte en bol bulunan fenol) olduğu doğrulanmıştır.⁶ Ben ve ark.⁷, fenolik bir bileşik olan karvakrolün gram negatif bakterilere (*Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, vb.) ve gram pozitif bakterilere

(*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*) karşı kapsamlı ve güçlü antimikrobiyal aktivite gösterdiğini bildirmiştir.⁸ İlave olarak, Baygar ve ark.⁹ 10 mL yumuşak astar materyaline karvakrol ilavesinin, *C. albicans*'ın biyofilm oluşumunu ve kolonizasyonunu önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Ancak literatürde yumuşak astar materyaline karvakrol ilavesinin materyalin diğer mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkinliğini araştıran çalışma yer almamaktadır. Yumuşak astar malzemelerinin antimikrobiyal özellikleri geliştirilirken, klinik kullanılabilirliklerini sürdürebilmek için mekanik ve fiziksel malzeme özelliklerinin de korunması gerekmektedir. Bu nedenle in vitro çalışmalarda antimikrobiyal aktivitenin karşılaştırılmasına ek olarak materyallerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirilmiştir.^{10,11} Yumuşak protez astarları sürekli olarak nemli ortamlara maruz kalmaktadır. Nemli bir ortamda malzemenin su emmesi, çözünürlüğü,

dehidrasyonu ve oksidasyonu, malzemenin sertlik ve çekme dayanımı gibi mekanik ve fonksiyonel özelliklerinde bozulmalara neden olabilmektedir. Sertleşmiş yumuşak protez astarı ağız dokularına iletilen istenmeyen çiğneme kuvvetlerini absorbe edemez hale gelmekte ve kullanım amacını kaybetmektedir.¹¹ Ağız içindeki hasarlı dokuların iyileşme dönemlerinde kullanılan yumuşak protez astar materyalleri yapısı gereği yırtılmaya çok yatkındır. Yırtılmaya yatkınlık, yumuşak protez astarına zarar verebilmekte ve kaide materyali ile bağlantısını kesebilmektedir. Bu durum klinik başarısızlığa neden olabilmektedir.^{10,12}

Hareketli protezlerde kaide materyali olarak kullanılan yumuşak protez astarları, travmaya yatkın dokularda kuvvet dağıtıcı ve doku koruyucu olarak kullanıldığından, materyale antimikrobiyal aktivite kazandırırken materyalin bahsedilen mekanik özelliklerinin korunması ve geliştirilmesi de önem taşımaktadır.¹³ Bu nedenle bu çalışmanın amacı, yumuşak protez astar materyallerinde antimikrobiyal etkinliği gösterilmiş ancak kaide materyalinin diğer mekanik özellikleri üzerine etkinliği henüz bilinmeyen karvakrolün yumuşak protez astarlarının kaide materyali ile çekme bağlanma dayanımı, yırtılma dayanımı ve sertlik özelliklerinin incelenmesidir. Çalışmanın hipotezi; yumuşak protez astar materyaline antimikrobiyal özelliği gösterilmiş karvakrol ilavesinin, astar materyalinin kaide materyali ile çekme bağlanma dayanımı, yırtılma dayanımı ve sertlik özelliklerini değiştirmeyeceğidir.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada, ticari olarak temin edilebilen karvakrol (Sigma, Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, ABD) ilave edilerek oluşturulan yumuşak protez astarının yırtılma ve çekme bağlanma dayanımı ve sertliğinin değerlendirilmesi amaçlandı.

Yumuşak protez astarlarının hazırlanması

Bu çalışmada silikon esaslı daimi yumuşak astar materyali (Ufi Gel P, VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya) kullanıldı. Test edilen her parametre için, kontrol (karvakrol

ilavesiz) ve karvakrol ilaveli yumuşak protez astarından oluşan iki grup test numunesi hazırlandı (herbir test parametresinde n=20 olacak şekilde, toplam n=60). Silikon esaslı yumuşak protez astar, üreticinin tavsiyelerine uygun olarak birebir oranında karıştırıldı. Pilot çalışmada belirlenen orana göre mm³'e 0.5 mL karvakrol eklenerek test numuneleri oluşturuldu⁹. Kontrol grubu olarak karvakrol içermeyen yumuşak protez astarları hazırlandı. Çekme bağlanma dayanımı testi ve sertlik testlerinin örnek hazırlama prosedürleri ve veri değerlendirmesi için ISO 10139-2 (2009) referans alındı.¹⁴

Yırtılma Dayanımı Testi

Yırtılma dayanımını test etmek için 50 mm uzunluğunda, 10 mm genişliğinde ve 1 mm kalınlığında (50 x 10 x 1 mm³) numuneler hazırlandı. Numuneler 15 numaralı bisturi ucu yardımıyla dikey olarak (25 mm uzunluğunda) kesildi ve numunelere pantolon paça görünümü verildi. Her grup için 10 adet olmak üzere toplam 20 adet numune hazırlandı. Pantolon paçaları zıt yönlerde dikey olarak yerleştirildi. Yırtılma dayanımı testi, evrensel bir test cihazında (Lloyd Universal Tester; AMETEK, Inc., Hampshire, İngiltere) 50 mm/dak'lık bir çapraz kafa hızında gerçekleştirildi. Yırtılma bağlanma dayanımı (MPa) şu formüle göre hesaplandı:

$$\text{Yırtılma bağlanma dayanımı} = \frac{F_{\max}}{mm}$$

F_{max}: yırtılma sırasında ölçülen maksimum kuvvet

mm: test edilenin kalınlığı (mm)

Çekme Bağlanma Dayanımı Testi

25±3 mm kare formda 3±0.5 kalınlığında mum numuneler hazırlanarak mufla tekniği ile ısıyla polimerize akrilik (Meliodent, Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya) numuneler elde edildi. Numune yüzeyleri su altında zımparalanarak standardize edildi. 10±0.5 mm çapında ve 3±0.25 mm kalınlığında (n=20) polietilen kalıp kullanılarak iki akrilik plak arasına yumuşak protez astarı yerleştirildi. Yumuşak protez astarının polimerizasyonu bir saat beklendi. Çekme bağlanma dayanımı testi,

evrensel bir test cihazı ile 10 mm/dak hızında yapıldı. Çekme bağlanma dayanımı (MPa) şu formüle göre hesaplandı:

$$\text{Çekme bağlanma dayanımı} = F_{\max}/A$$

F_{max}: ayrılma sırasında ölçülen maksimum kuvvet

A: test edilen materyal ile akrilik rezin arasındaki bağlanma yüzeyi (mm²)

Sertlik Testi

Sertlik ölçümü için 35 mm uzunluğunda ve 6 mm kalınlığında numuneler hazırlandı (n=20). Test numunelerinin yüzey sertliği dijital vikers sertlik ölçüm cihazı (HVM, Shimadzu, Tokyo, Japonya) ile ölçüldü. Sertlik testinde 5 saniye süreyle 50 gf kuvvet uygulandı ve sertlik verisi kaydedildi (Shore A birimi). Her numunede farklı alanlardan 3 ölçüm gerçekleştirildi.¹⁴

Termal yaşlandırma

Termal yaşlandırmanın, yırtılma ve çekme bağlanma dayanımı ve yüzey sertliği parametreleri üzerindeki etkisi araştırıldı. Bu test parametreleri için hazırlanan numuneler (n=60) bir etüv (Kottermann Labortechnik, W., Almanya) kullanılarak 37°C'de distile suda 24 saat tutuldu. Bu test parametreleri için her bir test parametresindeki numunelerin yarısı (n=30) 5 °C-55 °C'de 10000 termal döngüye (1 hafta) (60 saniye daldırma ve 6 saniye transfer süresi) tabi tutuldu (SD Mechatronic Thermocycler, Julabo GmbH, FT 200), Seelbach, Almanya). Diğer yarısı (n=30) ise termal yaşlandırma süreci bitene kadar (10000 döngü süresince-1 hafta) distile su içerisinde 37°C'de etüvde tutuldu.

İstatistiksel analiz

Veri analizi IBM SPSS Statistics 17.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, ABD) paket programında yapıldı. Aksi belirtilmedikçe, p<0.05 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Sürekli sayısal

değişkenlerin dağılımının normale yakın olup olmadığını ve varyansların homojenliğinin Levene testi tarafından kabul edilip edilmediğini incelemek için Shapiro-Wilk testi kullanıldı. Uyum iyiliği testleri sonucunda, parametrik test istatistik varsayımlarının karşılandığı sürekli sayısal değişkenler açısından gruplar arasındaki farklılıkların anlamlılığı ve varsayımları karşılanan sürekli sayısal değişkenler açısından farklılıkların anlamlılığı incelendi. Karşılanmayanlar ise Mann Whitney U testi ile incelendi. Parametrik test istatistikleri varsayımlarının karşılandığı sürekli sayısal değişkenler açısından gruplar içinde tekrarlanan ölçümler arasındaki farkların anlamlılığı Wilks' Lambda testi ve tekrarlı ölçümlerde varyans analizi kullanılarak, varsayımları karşılanmayan değişkenler Friedman testi ile değerlendirildi. Wilks' Lambda veya Friedman testi istatistik sonuçları anlamlı bulunursa, farka neden olan durum(lar) Bonferroni Düzeltmiş çoklu karşılaştırma veya Dunn-Bonferroni testi kullanılarak belirlendi. Ancak, olası tüm çoklu karşılaştırmalarda Tip I hatayı kontrol etmek için Bonferroni Düzeltmesi yapıldı.

Bulgular

Yırtılma Dayanımı Test Bulguları

Distile suda tutulan kontrol ve karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astar test grupları arasında yırtılma dayanımı değerleri istatistiksel olarak benzerdi (p=0.651). Termal döngü uygulanan gruplarda kontrol ve karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astar test grupları arasında yırtılma dayanımı bulgularında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p=0.593). Kontrol grubu ile karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astar test gruplarında distile suda bekletme ve termal döngü uygulamaları arasında yırtılma dayanımı bulguları istatistiksel olarak benzerdi (sırasıyla; p=0.878, p=0.875) (Tablo 1).

Tablo 1. Ortalama yırtılma dayanım değerleri (N/mm) ve standart sapmaları

	Kontrol grubu	Karvakrol ilave edilmiş test grubu	p-değeri †¶
Distile suda bekletme	9.33±3.49	8.70±2.57	0.651
Termal yaşlandırma	9.12±2.41	8.52±2.55	0.593
p-değeri †¶	0.878	0.875	

Veri; ortalama ± standart sapma olarak gösterildi, † Kontrol ve karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astarı test grupları arasındaki karşılaştırmalar, ‡ Distile suda bekletme ve termal yaşlandırma arasındaki karşılaştırmalar, ¶ Student t testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p<0.025$ sonuçları istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Çekme Bağlanma Dayanımı Test Bulguları

Çekme bağlanma dayanımı değerleri, distile suda tutulan kontrol ve karvakrol ilaveli yumuşak protez astarı test grupları arasında istatistiksel olarak benzerlik gösterdi ($p=0.218$). Termal yaşlandırma döngüsü uygulanan gruplarda çekme bağlanma dayanım seviyeleri açısından

kontrol ve karvakrol ilave edilmiş test grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p=0.579$). Kontrol ve karvakrol katkılı yumuşak protez astar test gruplarının çekme bağlanma dayanımı seviyeleri, distile su ve termal döngü uygulamaları arasında istatistiksel olarak benzerdi (sırasıyla; $p=0.089$, $p=0.631$) (Tablo 2).

Tablo 2. Ortalama çekme bağlanma dayanım değerleri (MPa) ve standart sapmaları

	Kontrol grubu	Karvakrol ilave edilmiş test grubu	p-değeri †¶
Distile suda bekletme	1.28 (1.11-1.60)	1.57 (1.13-2.29)	0.218
Termal yaşlandırma	1.63 (1.26-2.01)	1.46 (1.05-1.96)	0.579
p-değeri †¶	0.089	0.631	

Veri; medyan (1. çeyrek-3 çeyrek) formatı, † Kontrol ve karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astarı test grupları arasındaki karşılaştırmalar, ‡ Distile suda bekletme ve termal yaşlandırma arasındaki karşılaştırmalar, ¶ Mann Whitney U testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p<0.025$ sonuçları istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Sertlik Test Bulguları

Karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astar test grubunun yüzey sertlik değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu görüldü (sırasıyla; $p<0.001$, $p=0.004$). Kontrol ve karvakrol ilave edilmiş

yumuşak protez astar test gruplarında distile suda bekletme ve termal döngü arasında yüzey sertliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (sırasıyla; $p=0.075$, $p=0.190$) (Tablo 3).

Tablo 3. Ortalama sertlik değerleri (Shore A birimi) ve standart sapmaları

	Kontrol grubu	Karvakrol ilave edilmiş test grubu	p-değeri †‡
Distile suda bekletme	27.25 (26.50-28.00)	32.00 (31.00-33.25)	<0.001
Termal yaşlandırma	29.50 (26.75-32.25)	33.00 (32.00-34.25)	0.004
p-değeri ‡¶	0.075	0.190	

Veri; medyan (1. çeyrek-3 çeyrek) formatı, † Kontrol ve karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astarı test grupları arasındaki karşılaştırmalar, ‡ Distile suda bekletme ve termal yaşlandırma arasındaki karşılaştırmalar, ¶ Mann Whitney U testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0.025$ sonuçları istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Tartışma

Çalışmanın yumuşak protez astar materyaline antimikrobiyal özelliği gösterilmiş karvakrol ilavesinin, astar materyalinin kaide materyali ile çekme bağlanma dayanımı ve yırtılma dayanımı özelliklerini değiştirmeyeceği yönündeki hipotezi kabul edilmiş, sertlik özelliğini değiştirmeyeceği yönündeki hipotezi ise reddedilmiştir.

Klinik kullanım sırasında, yumuşak protez astarı yırtılmaya ve kaide materyalinden ayrılmaya neden olan kuvvetlere maruz kalmaktadır. Kaide materyalinden ayrılma, hijyenik olmayan yüzeylerle sonuçlanmaktadır. Bu nedenle, kaide materyaline uygun bağlanma dayanımının sağlanması kritik önem taşımaktadır.^{15,16} Yumuşak protez astarlarının sertlik özellikleri klinik kullanım sırasında değişebilmektedir. Bu değişiklik, okluzal kuvvetleri absorbe etme yeteneklerini ortadan kaldırmaktadır.¹⁷

Önceki çalışmalar, yumuşak protez astarlarına eklenen bazı antimikrobiyal ajanların, malzemenin mekanik özelliklerini zayıflattığını ortaya koymuştur.^{11,18} Bununla birlikte, mevcut çalışmada karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astarının tüm alt gruplarında ve kontrol grubunda çekme bağlanma dayanımı ve yırtılma dayanımı parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir ($p < 0.025$). In vitro çalışmaların uygulama prosedürlerindeki farklılıklar, mekanik

sonuçlar üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olabilmektedir. Daimi materyali ile olan zayıf bağlanma dayanımı, bakteri birikimi için bir rezerv görevi görmekte ve protez temizliğini zorlaştırmaktadır.^{16,17}

Bu çalışmada yumuşak protez astarına karvakrol ilavesinin kontrol grubuna göre kaide materyaline bağlanma dayanımı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p < 0.025$). ISO 10139-2' ye göre, yumuşak protez astarlarının kaide materyaline çekme bağlanma dayanımı 1 MPa' dan yüksek olmalıdır.¹⁴ Çalışmamızda karvakrol ilave edilen test grubunda termal siklus uygulaması sonrası çekme bağlanma dayanımı değerlerinde azalma olmasına rağmen bu düşüşün istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ve tüm test gruplarında çekme bağlanma dayanım değerlerinin 1MPa' ın üzerinde olduğu görülmüştür. Karvakrol ilavesinin çekme bağlanma dayanım değerleri açısından ISO standartlarını karşıladığı ve klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu sonucuna varılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olmasa dahi çekme bağlanma dayanımı verilerinde termal yaşlandırma grubunda azalma görülmesi bağlanma arayüzünde karvakrol miktarındaki artış ve dolayısı ile kaide materyali-yumuşak astar materyali arayüzünde bağlanma yüzeyinde azalma ile ilişkili olabileceği öngörülmüştür. Buna ilave olarak termal yaşlandırma sırasında karvakrol-kaide materyali arasından bağlanma arayüzüne su girişinin

çekme bağlanma dayanımı verisinde azalmaya sebep olmuş olabileceği düşünülmüştür.¹⁶

Yırtılma dayanımı da yumuşak protez astarlarının klinik performansını etkilemektedir. Kimyasal ve mekanik temizleme prosedürleri yırtılmayı başlatabilmektedir.^{12,19} Çekme bağlanma dayanım değerlerine benzer şekilde, karvakrol ilavesi ve yaşlandırma işlemi, yumuşak protez astarının yırtılma dayanım değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır ($p>0.05$). Karvakrol ilavesi ile yırtılma dayanım değerlerinde bir miktar azalma görülmesine karşın, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yumuşak astar materyallerinin yırtılma dayanımı materyalin çapraz bağ düzeyi, polisiloksan zincirinin moleküler ağırlığı ve silika doldurucu miktarı ile ilişkilidir.^{12,19} Bu nedenle bu sonucun yumuşak astar materyali içerisindeki polimer zincirleri ile karvakrol arasında kimyasal bir bağ oluşmaması ve buna bağlı olarak materyal bütünlüğünde bozunma ile ilgili olabileceği düşünülmüştür. Benzer şekilde, termal döngü uygulaması, yırtılma dayanım değerlerinde azalmaya neden olmasına rağmen, termal yaşlandırma uygulaması distile suda bekletilen kontrol grubuna kıyasla yırtılma dayanım değerlerinde anlamlı bir farklılığa neden olmamıştır ($p>0.05$). Bu çalışmada test ve kontrol gruplarındaki yumuşak astar materyallerinin yırtılma dayanımı önceki çalışmalara kıyasla daha yüksek idi ^{12,19}. Kontrol grubunda görülen yırtılma dayanımındaki farklılığın sebebinin test koşullarındaki ve yaşlandırma prosedüründeki farklılıklar olabileceği, test grubundaki yırtılma dayanım verilerindeki farklılık sebebinin ise astar materyaline eklenen karvakrolün materyal karakteristiği olabileceği düşünülmüştür.

Yumuşak protez astarlarının klinik kullanımıyla ilgili en önemli sorunlardan biri de malzemenin sertliğinin zamanla değişmesidir. Astar malzemesinin sertliğindeki artış, çiğneme kuvvetlerini emme kabiliyetini azaltmaktadır.^{20,21} Bu çalışmada kullandığımız silikon esaslı yumuşak astar materyali dimetilsiloksan ve polidimetilsiloksan içermektedir. Bu nedenle

doku hasarını önlemek amacı ile beklenen yumuşaklığı sağlamak için ilave plastizere gerek yoktur.²² Shore A sertliği, protez astarlarının sertliğinin bir ölçümüdür. ISO 10139-2' ye göre yumuşak protez astarlarının sertlik değerlerinin 37°C'de distile suda 24 saat bekletildikten sonra 25-50 birim arasında olması gerektiği bildirilmiştir.¹⁴ Çalışmamızda karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astarlarında kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir ($p<0.025$). Bu sonuç, sertlikteki artışın karvakrolün materyal karakteristiği ile ilgili olabileceğini ya da karvakrol ilavesinin yumuşak astar materyalinin elastisitesini sağlayan kimyasal bağ yapılarında bozunmaya sebep olmuş olabileceğini düşündürmektedir. Karvakrol ilavesinin test malzemesinin sertliğini artırma etkisine rağmen tüm test grupları ve kontrol grubunda elde edilen sertlik değerleri ISO standartlarına göre 25-50 birim aralığında olmuştur. Mancuso ve ark.²² yumuşak protez astarlarının sertliği üzerinde yaşlanma sürecinin önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmanın aksine, çalışmamızda termal yaşlandırmanın, test edilen yumuşak protez astarının sertlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı gösterilmiştir ($p>0.005$). Bu sonucun astar materyaline karvakrol ilavesinin materyalin termal yaşlandırma sırasındaki su emilimi ve çözünürlüğü özelliğini etkileyerek daha az su emmesine ve çözünmesine böylece yaşlanma prosedüründen daha az etkilenmesine sebep olmuş olabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle yumuşak astar materyaline karvakrol ilavesinin su emilimi ve çözünürlük gibi fiziksel özelliklere olan etkilerinin de incelenmesi gerektiği düşünülmüştür.

Çalışmanın limitasyonları, antimikrobiyal etkinlik sağladığı gösterilmiş olan tek oranda (mm^3 başına 0.5 mL) karvakrol ilavesinin mekanik özellikler üzerine etkinliğinin araştırılmış olması ve tek marka yumuşak astar materyalinin kullanılmış olmasıdır.

Sonuç

Bu in vitro çalışma, yumuşak protez astarına karvakrol ilavesinin, sertlik artışı dışında genel olarak yumuşak astarın mekanik özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını ortaya koymuştur. Antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gösterilen karvakrol ilave edilmiş yumuşak protez astarının mekanik özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkinin olmaması, test edilen karvakrol ilave edilmiş protez astarının klinik kullanımı için umut vericidir. Gelecek çalışmalarda literatürün bu konuda zenginleştirilmesi adına, farklı oranlarda karvakrol ilavesinin farklı kimyasal yapıdaki yumuşak astar materyallerinin antimikrobiyal, mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkinliği de araştırılmalıdır.

Yazar katkısı: **ASA:** Çalışma tasarımı, örnek hazırlanması, verilerin değerlendirilmesi, makale yazımı, **GE:** Çalışma tasarımı, verilerin değerlendirilmesi, makale yazımı, **AU:** Çalışma tasarımı, verilerin değerlendirilmesi, makale yazımı, **NS:** Çalışma tasarımı, verilerin değerlendirilmesi, **TB:** Çalışma tasarımı, verilerin değerlendirilmesi

Mali destek: Bu çalışma TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir (Program kodu-1002/Proje No:118S856)

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

1. Vojdani M, Zibaei M, Aar K, Zomorodian K, Ma R, Boshehri S. In- vitro study of the effect of clotrimazole incorporation into silicone soft liner on fungal colonization. *Journal of Dentistry*. 2009;9(1):19-23. doi:[10.30476/DENTJODS.2019.43613](https://doi.org/10.30476/DENTJODS.2019.43613)
2. Usta Kutlu I, Yanikoğlu ND, Kul E, Duymuş ZY, Sağsöz NP. Effect of sealer coating and storage methods on the surface roughness of soft liners. *J*

Prosthet Dent. 2016;115(3):371-376. DOI:

10.1016/j.prosdent.2015.10.004

3. Nam KY. In vitro antimicrobial effect of the tissue conditioner containing silver nanoparticles. *J Adv Prosthodont*. 2011;3(1):20. doi: 10.4047/jap.2011.3.1.20
4. Vojdani M, Bagheri R, Khaledi AAR. Effects of aluminum oxide addition on the flexural strength, surface hardness, and roughness of heat-polymerized acrylic resin. *J Dent Sci*. 2012;7(3):238-244. DOI:10.1016/j.jds.2012.05.008
5. Pachava KR, Nadendla LK, Alluri LSC, Tahseen H, Sajja NP. Invitro antifungal evaluation of denture soft liner incorporated with tea tree oil: a new therapeutic approach towards denture stomatitis. *J Clin Diagnostic Res*. 2015;9(6):62-64. doi: 10.7860/JCDR/2015/12396.6132
6. Homayouni H, Kavooosi G, Nassiri SM. Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of dispersion made from tapioca and gelatinized tapioca starch incorporated with carvacrol. *LWT - Food Sci Technol*. 2017;77:503-509. doi:10.1016/j.lwt.2016.12.007
7. Ben Arfa A, Combes S, Preziosi-Belloy L, Gontard N, Chalier P. Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. *Lett Appl Microbiol*. 2006;43(2):149-154. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2006.01938.x
8. Alzate P, Miramont S, Flores S, Gerschenson L. Effect of the potassium sorbate and carvacrol addition on the properties and antimicrobial activity of tapioca starch - Hydroxypropyl methylcellulose edible films. *Starch-Stärke*. 2017;69(5-6):1600261. doi:10.1002/star.201600261
9. Baygar T, Ugur A, Sarac N, Balci U, Ergun G. Functional denture soft liner with antimicrobial and antibiofilm properties. *J Dent Sci*.

- 2018;13(3):213-219. doi: 10.1016/j.jds.2017.10.002
10. Muttagi S, Subramanya JK. Effect of incorporating seed oils on the antifungal property, surface roughness, wettability, weight change, and glucose sorption of a soft liner. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):178-185. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.05.010
 11. Chladek G, Kasperski J, Barszczewska-Rybarek I, Zmudzki J. Sorption, solubility, bond strength and hardness of denture soft lining incorporated with silver nanoparticles. *Int J Mol Sci.* 2013;14(1):563-574. doi: 10.3390/ijms14010563
 12. Oguz S, Mutluay MM, Dogan OM, Bek B. Effect of thermocycling on tensile strength and tear resistance of four soft denture liners. *Dent Mater J.* 2007;26(2):296-302. doi: 10.4012/dmj.26.296.
 13. Chladek G, Mertas A, Barszczewska-Rybarek I, et al. Antifungal activity of denture soft lining material modified by silver nanoparticles-a pilot study. *Int J Mol Sci.* 2011;12(7):4735-4744. doi: 10.3390/ijms12074735
 14. ISO 10139-2-Dentistry-Soft Lining Materials for Removable Dentures-Part 2: Materials for Long-Term Use, 2009.
 15. Akin H, Tugut F, Mutaf B, Akin G, Ozdemir AK. Effect of different surface treatments on tensile bond strength of silicone-based soft denture liner. *Lasers Med Sci.* 2011;26(6):783-788. doi: 10.1007/s10103-010-0825-6.
 16. Jaboinski LT, Miranda ME, Tarkany R, et al. Effect of the addition of propolis on a soft denture liner on bond strength with an acrylic resin. *J Heal Sci Inst.* 2015;33(3):223-227.
 17. Sánchez-Aliaga A, Pellissari CVG, Arrais CAG, Michél MD, Neppelenbroek KH, Urban VM. Peel bond strength of soft lining materials with antifungal to a denture base acrylic resin. *Dent Mater J.* 2016;35(2):194-203. doi: 10.4012/dmj.2014-269.
 18. Rawat P, Agarwal S, Tripathi S. Effect of addition of antifungal agents on physical and biological properties of a tissue conditioner: an in-vitro study. *Adv Pharm Bull.* 2017;7(3):485-490. doi: 10.15171/apb.2017.059.
 19. Landayan JIA, Manaloto ACF, Lee JY, Shin SW. Effect of aging on tear strength and cytotoxicity of soft denture lining materials; in vitro. *J Adv Prosthodont.* 2014;6(2):115-120. doi: 10.4047/jap.2014.6.2.115
 20. Chladek G, Zmudzki J, Kasperski J. Long-term soft denture lining materials. *Materials (Basel).* 2014;7(8):5816-5842. doi: 10.3390/ma7085816.
 21. Badaró MM, Prates TP, Leite-Fernandes VMF, Oliveira V de C, Paranhos H de FO, Silva-Lovato CH. In vitro evaluation of resilient liner after brushing with conventional and experimental ricinus communis - based dentifrices. *J Prosthodont.* 2019;28:857-862. doi:10.1111/jopr.12680
 22. Mancuso DN, Goiato MC, Zuccolotti BCR, Moreno A, Dos Santos DM, Pesqueira AA. Effect of thermocycling on hardness, absorption, solubility and colour change of soft liners. *Gerodontology.* 2012;29(2):215-219. doi:10.1111/j.1741-2358.2010.00447.x