



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume 2 , Number 3, September - December 2023

**Eklemeli Üretim Tekniği ile Üretilen Farklı Kimyasal Yapıya Sahip
Hareketli Protez Yapay Dişlerinin Renk Stabilitesine
Yüzey Bitirme ve Yaşlandırma İşlemlerinin Etkisi**

The Effect of Surface Finishing and Ageing Processes on the Color Stability of
Removable Denture Artificial Teeth with Different Chemical Structures
Produced by Additive Manufacturing Technique

Eklemeli Üretim Tekniği ile Yapılan Yapay Dişlerin Renk Stabilitesi

Azzahraa AL-OMIRI¹, Duygu SARAÇ²

¹ Dt., Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun, Türkiye
Alzahra_ahmed@hotmail.com
ORCID: 0009-0008-9742-9677

² Prof. Dr., Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun, Türkiye
dsarac@omu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1076-9334

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 22-12-2023

Kabul Tarihi / Accepted: 18-01-2024

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 232-240

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Azzahraa AL-OMIRI

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1408386>

Eklemler Üretim Tekniğı ile Üretilen Farklı Kimyasal Yapıya Sahip Hareketli Protez Yapay Dişlerinin Renk Stabilitesine Yüzey Bitirme ve Yaşlandırma İşlemlerinin Etkisi

The Effect of Surface Finishing and Ageing Processes on the Color Stability of Removable Denture Artificial Teeth with Different Chemical Structures Produced by Additive Manufacturing Technique

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, eklemeli üretim tekniğı ile üç boyutlu (3B) yazıcı ile üretilen hareketli protezlerde kullanılan farklı kimyasal yapıya sahip yapay dişlerin renk değişimine yüzey bitirme ve termal devirlendirme ile yaşlandırma işlemlerinin etkisini in vitro olarak incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada üç boyutlu yazıcı ile üretilen iki farklı yapay diş rezin materyali; metilmetakrilak (MMA) içermeyen (PowerResins Temp; DentaFab, Türkiye) ve metilmetakrilat oligomer içerikli (Flexcera™Smile; Desktop Health, Envision TEC™ systems, Almanya) kullanıldı. Her bir materyalden 15x10x3 mm boyutlarında 30 adet olacak şekilde, toplam 60 adet örnek hazırlandı. Örnekler farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanması amacı ile iki gruba ayrıldı (n=15). Birinci grupta örneklere yüzey işlemi olarak farklı grenlerde silisyum karbür zımpara kâğıtları (VIBRATITE 996A, Çin) kullanılarak zımpara işlemi uygulandı. İkinci grupta ise 400 gritlik zımpara uygulamasının ardından pomza ile yüzey düzeltildi ve en son Evrensel Parlatma Pastası, (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) kullanılarak bitirme işlemi tamamlandı. Yüzey bitirme işlemlerinin ardından örneklerin birinci renk ölçümleri (T0) bir Spektrofotometre (VITA Easyshade® V, Almanya) kullanılarak yapıldı. Ardından örneklere 5.000 kez 5-55°C de termal devirlendirme yöntemi ile yapay yaşlandırma işlemi uygulandıktan sonra ikinci renk ölçümleri (T1) tamamlandı. Renk farklılıklarının (ΔE_{00}) belirlenmesinde CIE2000 formülü kullanıldı. Veriler iki yönlü varyans analiz kullanılarak istatistik olarak değerlendirildi ($p < 0.05$).

Bulgular: Üç boyutlu yazıcı ile üretilen iki farklı yapay diş materyali karşılaştırıldığında en yüksek renk değişimi ΔE_{00} değerleri MMA içermeyen yapay diş rezini ile elde edilmiştir ($p < 0.001$). Yüzey bitim işlemleri karşılaştırıldığında ise en yüksek ΔE_{00} değerlerin polisaj patı kullanılan gruptalarda elde edildiği görülmüştür: ($p < 0.018$).

Sonuç: Üç boyutlu yazıcı ile üretilen farklı kimyasal yapıya sahip hareketli protez yapay diş rezinlerinin termal devirlendirme sonrasında renk stabilitesi açısından materyalin ve yüzey bitirme işleminin etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Termal devirlendirme, renk stabilitesi, 3 boyutlu yazıcı, eklemeli üretim yapay diş.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to evaluate color stability after thermal cycling of two different types of 3D printed denture teeth resin materials.

Material and Method: In this study, 60 (15x10x3) artificial tooth resin materials were produced with two different three-dimensional printers: PowerResins Temp (DentaFab, Turkey and Flexcera™ Smile, Desktop Health, Envision TEC™ systems, Germany). The final surface polishing of the samples was completed according to two methods and divided into two groups (n = 15). After the polishing process, the samples were artificially aged using a thermal cycle device for 5,000 cycles (5-55°C). A Spectrophotometer (VITA Easyshade® V, Germany) was used to measure color change values before (T0) and after (T1) thermal cycling. CIE2000 formula was used to determine ΔE values. Data were analyzed according to two-way analysis of variance statistics ($p < 0.05$).

Results: When two different artificial tooth materials produced with a 3D printer were compared, the highest color change ΔE_{00} values were obtained with MMA free artificial tooth resin ($p < 0.001$). When the surface finishing treatments were compared, it was seen that the highest ΔE_{00} values were obtained in the groups where polished using polishing paste ($p < 0.018$).

Conclusion: It has been observed that the material and surface finishing process are effective in terms of color stability after thermal cycling of removable denture artificial tooth resins with different chemical structures produced with a three-dimensional printer.

Keywords: Thermal cycle, color stability, 3-dimensional printer, additive manufacturing, denture teeth

Giriş

Son yıllarda dişsizlik oranı azalmış olsa da, yaşam kalitesinin artması ile birlikte yaşlı nüfusun oranı ve buna bağlı olarak hareketli protez ihtiyacı da artmıştır.¹ Diş, implant ve doku destekli hareketli protezler dişsiz hastaların tedavisinde sıklıkla tercih edilen tedavi yöntemleridir.²⁻⁴ Bu tedavi yöntemleri ile dişsiz bireylerin çiğneme fonksiyonu, fonetik ve estetiği yeniden düzenlenerek yaşam kalitesi iyileştirmektedir.⁵ Yapay dişler, hareketli protezlerin fonasyon, fonksiyon ve estetiğin sağlanması için önemli bir parçasıdır⁶ ve çeşitli materyallerden üretilmektedir.⁷ Yapay dişlerin yapımında en çok tercih edilen materyal rezin ya da modifiye rezinlerdir.⁸

Akrilikten üretilen yapay dişlerin aşınma sorunu, kötü boyutsal stabilitesi ve renk değiştirmesi gibi dezavantajlara sahip olmasına rağmen hafif olması, kaide materyaline kimyasal olarak bağlanması ve kolay okluzal uyumlama yapılması önemli avantajlardır.⁸⁻¹⁰ Porselen esaslı yapay dişlerin yüksek aşınma direnci, iyi boyutsal stabilite ve iyi estetik görünüme sahiptir.^{8,10} Porselen yapay dişler kaide materyaline mekanik olarak veya silanizasyon ile bağlanmaktadır, akrilik yapay dişlere göre daha kırılmalıdır ve zayıf darbe dayanımı sahiptir. Aynı zamanda yüksek aşınma direncine sahip oldukları için karşıt arktaki dişlerin, özellikle iyi polisaj uygulanmaması halinde, aşınmasına neden olmaktadır.^{8,10} Kompozit rezin esaslı yapay dişlerin ise, rezin matrix tipinin ve doldurucu materyallerinin renk stabilitesi üzerinde etkin rol oynadığı bildirilmiştir.¹¹

Estetik açıdan değerlendirildiğinde, renk stabilitesinin önemli kriterlerden biri olduğu bilinmektedir. Yapay dişlerin görünümü ve rengi de hareketli protezlerin estetiğinde önemli bir faktördür.¹² Bu nedenle protezlerin renklenmesi, hastanın memnuniyetsizliğine ve protezin değiştirilme ihtiyacına neden olabilmektedir.¹³ Uzun süreli klinik kullanım sonucunda, leke birikimi, materyalin bileşenlerinin çözünmesi, su emilimi, pigment bozulması ve artan yüzey pürüzlülüğü akrilik dişlerinin renk stabilitesini etkilemektedir.¹³⁻¹⁵ Bu nedenle yapay dişlerin hidrofobik içeriğinin artırılması, su emilimine ve renklenmeye karşı duyarlılığını azaltabilmektedir.¹¹

Son yıllarda dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) ve üç boyutlu (3B) baskı diş hekimliğinde

yaygın olarak kullanılmaktadır.^{12,16,17} Dijital teknolojiler hareketli protezlerin üretiminde de popüler hale gelmiştir.^{14,17} Dijital teknolojinin en önemli avantajı kişiye göre tasarım ve üretim yapılmasıdır.¹⁸ Eklemeli üretim olarak da bilinen 3B baskı, protez dişlerini bir yazıcıda katman katman üretir ve katmanlar genellikle bir ultraviyole ışık (UV) kaynağı ile aralıklı olarak polimerize edilmektedir. Bu üretim tekniği eksiltme yöntemine göre daha hızlı ve düşük maliyetlidir.¹⁷⁻¹⁹ Geleneksel prefabrike akrilik dişlerin ve üç boyutlu baskı ile üretilmiş hareketli protez dişlerini renklenme açısından karşılaştıran çalışmalar sonucunda üç boyutlu üretilmiş dişlerin daha üstün renk stabilitesine sahip olduğu gösterilmiştir.^{12,19,20}

Bu çalışmanın amacı, eklemeli üretim tekniği ile üretilen, farklı kimyasal yapıya sahip hareketli protezlerde kullanılan yapay dişlerin, renk stabilitesine yüzey bitirme işlemlerinin ve termal devirlendirme ile yaşlandırma işleminin etkisini incelemektir.

Çalışmanın hipotezi, yapay dişlerin kimyasal yapısının ve yüzey bitirme işlemlerinin yaşlandırma sonrasında yapay dişlerin renk stabilitesini etkileyeceğidir.

Materyal ve Metot

Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada, eklemeli üretim teknolojisinin dijital ışık işleme yöntemi (DLP) kullanarak iki farklı yapay diş rezininden 30 adet olmak üzere toplam 60 adet örnek hazırlandı. Örnekler standart mozaik dilinde (STL) 15 mm x 10 mm x 3 mm boyutlarında tasarlandı. Örneklerin hazırlanacağı rezinlerin standardizasyonu amacı ile aynı renk (A1) kullanıldı. Çalışmada kullanılan yapay diş rezinleri ve üretim yöntemleri Tablo I'de görülmektedir.

Birinci grup yapay diş rezininden (PowerResins Temp, A1) önce örnekler dijital olarak tasarlanıp STL formatına dönüştürüldü. Ardından dilimleme yazılım programı (Novaplatom, Türkiye) kullanılarak 3B yazıcıda basılacak şekilde hazırlandı. Lee EH ve ark.²¹ 3B baskılı rezinlerin farklı katman kalınlığının ve baskı yönünün 3B baskılı rezin materyalinin renk stabilitesine etkisini incelendikleri çalışmada, renk stabilitesi açısından en az değişiklik gösteren grubun 100 µm katman kalınlığı ve 0° açısı ile üretilen grup olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle tasarlanan örnekler üretici talimatlarına uygun şekilde platforma paralel olarak 0° oryantasyon açısıyla yerleştirildi ve katman kalınlığı 100 µm olarak ayarlandı.

Table I. Çalışmada kullanılan yapay diş rezin materyalleri ve üretim cihazları

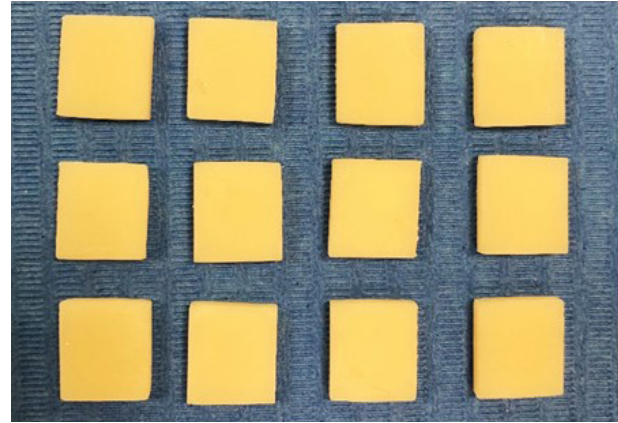
Ürün	Ana materyal	3B yazıcı	Dalga boyutu	Katman kalınlığı	Üretici firma	UV Kürleme Ünitesi
PowerResins Temp, A1	Yardımcı maddeler içeren akril ve metakril. (MMA içermez)	Sega Dental 3B yazıcı.	385nm-405nm	100µm	DentaFab, İstanbul, Türkiye	Twin Cure, MEDIFIVE, Güney Kore
Denture teeth Flexcera™ Smile, A1	Metakril monomer, Metakril oligomer, Diphenyl (2,4,6-trimetilbenzoyl) fosfinoksid	D4K Pro 3B yazıcı.	385nm	100µm	Desktop Health, Envision TEC™ systems, GmbH, Gladbeck, Almanya	PCA 2000, EnvisionTEC GmbH, Gladbeck, Almanya.

DLP teknolojisine sahip 3B yazıcı (Sega Dental 3B yazıcı; DentaFab, İstanbul, Türkiye) 385 nm dalga boyu ile 30 adet örnek üretildi. Örneklerin üretimi tamamlandıktan sonra yıkama işlemi etil alkol (>%90) ile ultrasonik yıkama cihazı (Twin Tornado, MEDIFIVE, Güney Kore) kullanarak 5 dakika boyunca yapıldı ve basınçlı hava ile kurutuldu. Daha sonra özel UV kürleme cihazı (Twin Cure, MEDIFIVE, Güney Kore) ile 20 dakika boyunca son polimerizasyon işlemi tamamlandı.

İkinci grup yapay diş rezininden (Denture teeth Flexcera™ Smile, A1) örnekler yine diğer rezin grubunda olduğu gibi dijital olarak tasarlandı ve STL formatına dönüştürüldü. Ardından dilimleme yazılım programı (Envision.1 slicing software, EnvisionTEC GmbH, Gladbeck, Almanya) kullanarak 3B yazıcıda basılacak şekilde getirildi. Platforma paralel olarak 0° oryantasyon açısıyla yerleştirilen örnekler DLP teknolojisine sahip 3B yazıcı (D4K Pro 3B yazıcı, EnvisionTEC GmbH, Gladbeck, Almanya) kullanılarak, 385 nm dalga boyu ve üretim katman kalınlığı 100µm olacak şekilde 30 adet örnek üretildi. Örneklerin yıkama işlemi (>%96) izopropil alkol banyosunda maksimum 5 dakika boyunca yapıldı ve basınçlı hava ile kurutuldu. Resin sıvısının tamamen uzaklaştırılması için ikinci defa (>%96) izopropil alkol banyosunda 2 dakika boyunca yıkandı ve basınçlı hava ile kurutuldu. Yıkanan örnekler tamamen kurutulduktan sonra UV kürleme cihazı (PCA 2000 Parts Curing Apparatus, Envisiontec GmbH, Gladbeck, Almanya) ile 30 dakika boyunca 37 °C’de son polimerizasyon işlemi gerçekleştirildi.

Her iki grubun örneklerinde bulunan destek yapıları

laboratuvarında tungsten karbid frezi kullanarak uzaklaştırıldı ve zımpara ile cilalandı (Şekil 1). Daha sonra bütün örneklerin boyutları dijital bir kumpas (Digimatic AOS, Mituyoto A.G., Japonya) ile kontrol edildi.

**Şekil 1.** Çalışmada hazırlanan örnekler

Yüzey İşlemleri

Her iki rezin grubunun örnekleri silisyum karbür zımpara kâğıdı ve geleneksel cilalama iki farklı cilalama yöntemini uygulanması amacı ile iki alt gruba (n=15) ayrıldı. Birinci grupta önce örneklerin silisyum karbür zımpara kâğıdı (VIBRATITE 996A, Çin) kullanılarak her iki geniş yüzeyi cilalandı. Ardından polisaj işlemi olarak su soğutmalı bir cihaz (Phoenix Beta; Buehler) kullanılarak sıra ile P800, P1200, P2000, P4000 gritlik zımpara kâğıtları her biri 5 saniye olacak şekilde uygulandı.²²

İkinci örnek grubunda ise geleneksel cilalama işlemi uygulandı.¹¹ İlk olarak su soğutmalı bir cihazda (Phoenix Beta; Buehler) 400 gren boyutlu silisyum karbür zımpara kâğıdı ile her iki geniş yüzey zımparalandı. Sonrasında pomza tozu (Pomza; İşler Dental, Türkiye) ile 2 dakika

süre ile cilalama cihazı (Universal cilalama makinası, BalkanMotor, İstanbul, Türkiye) kullanarak yine aynı yüzeyler cilalandı ve son işlem olarak bir cila patı (Universal Polishing Paste, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) ile yüzey cilalaması gerçekleştirildi.

Polisaj işlemleri bittikten sonra tüm örnekler %80 etanol ile 5 dakika süreyle dezenfekte edildi ve ardından steril gazlı bezle kurutuldu. Boyutlar dijital bir kumpas (Digimatic AOS, Mituyoto A.G., Japonya) ile kontrol edildi.

Tüm örneklerin yapay yaşlandırma işlemi termal devirlendirme cihazı (Dentester, Salubris Technicaer, Türkiye) kullanılarak, altı aylık bir oral kullanımı temsil eden 30 saniye daldırma süresi ve her banyo arasında 10 saniye transfer süresi olmak üzere, 5°C ile 55°C arasında 5000 devir şeklinde uygulandı.²³

Renk ölçümü

Örneklerin rengini ölçmek için bir spektrofotometre (VITA Easysshade® V, Almanya) kullanıldı; ilk renk ölçümleri (T₀) termal devirlendirme uygulamadan önce kaydedildi. Termal devirlendirme tamamlandıktan sonra örnekler distile su ile yıkandı ve steril gazlı bezle kurutuldu ardından ikinci (T₁) renk ölçümü yapıldı. Çalışmada CIE2000 (Commission Internationale d'Eclairage) sistemi kullanıldı. Her bir örnekten üç renk ölçümü yapıldıktan sonra ortalama L, a, b değerleri kaydedildi. Renk farklılığı (ΔE₀₀) hesaplamasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H}{K_H S_H}\right)}$$

ΔL*, ΔC* ve ΔH*, ΔE₀₀'deki bir çift numune için aydınlık (lightness), kroma (chroma) ve renk tonu (hue) farklılıklarıdır. RT, mavi bölgedeki renk ve renk tonu farklılıkları arasındaki etkileşimi açıklayan bir fonk-

siyondur.²⁴ Formülde belirtilen SL, SC ve SH renk yoğunluğu ve renk tonuna ait ağırlık fonksiyonlarını tanımlamaktadır. Ayrıca KL, KC ve KH aydınlık, renk yoğunluğu ve renk tonu için değerlendirilen parametrik faktörlerdir. CIE2000 ΔE renk farklılıklarının algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik sınırları son yıllarda yapılan çalışmalarla değerlendirilmiş ve belirlenmiştir.^{11,25,26} Bu çalışmada ΔE₀₀= 0.8 algılanabilirlik eşiği ve ΔE₀₀= 1.8 kabul edilebilirlik eşiği olarak kabul edildi.

İstatistiksel Analiz

Veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk ve basıklık-çarpıklık değerlerine göre incelendi. Yapay diş rezin materyalleri ve cila yöntemlerine göre ΔE₀₀ değerlerinin karşılaştırılmasında İki yönlü ANOVA kullanıldı. Analiz sonuçları ortalama ± sapma(s) şeklinde sunuldu. Önem düzeyi (p<0,05) olarak alındı.

SEM İncelemesi

Cilalama işlemlerinin 3B baskı yöntemi ile üretilen rezin yüzeyleri üzerindeki etkisini incelemek amacı ile her bir grubu temsil eden ve aynı işlemlerin uygulandığı örneklerin yüzeyleri önce vakum altında 200 Å altın-paladyum (Au-Pd) ile kaplandı ve 15,0 kV'de alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (SEM; JSM-7001F; JEOL, Tokyo, Japonya) kullanılarak ×500 büyütme ile incelendi. Dijital fotoğrafları elde etmek için Semafore (JEOL, Tokyo, Japonya) sistemi kullanıldı.

Bulgular

Grupların ortalama renk farklılık değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo II'de görülmektedir.

İstatistiksel analiz sonucunda termal devirlendirme sonrasında farklı yapay diş rezinlerinin ve farklı cila işlemlerinin, yapay dişlerin renk farklılığını etkilediği bulundu (p<0.001). Renk farklılığı açısından materyal-

Table II. İki yönlü Varyans analizi sonuçları ve grupların ortalama değerleri

Ürün	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P	KEK
Materyal	1	3.229.	3.229	12.300	0.001	0.180
Cila İşlemi	1	1.562	1.562	5.950	0.018	0.096
Materyal* Cila İşlem	1	0.071	0.071	0.270	0.606	0.005

F: İki Yönlü Varyans Analizi Test İstatistiği; KEK: Kısmi Eta Kare, Sd: Serbestlik derecesi, R²=%24,85, Düzeltilmiş R²=%20,82

Table III. Grupların karşılaştırmalı olarak ortalama değerleri ve standart sapmaları

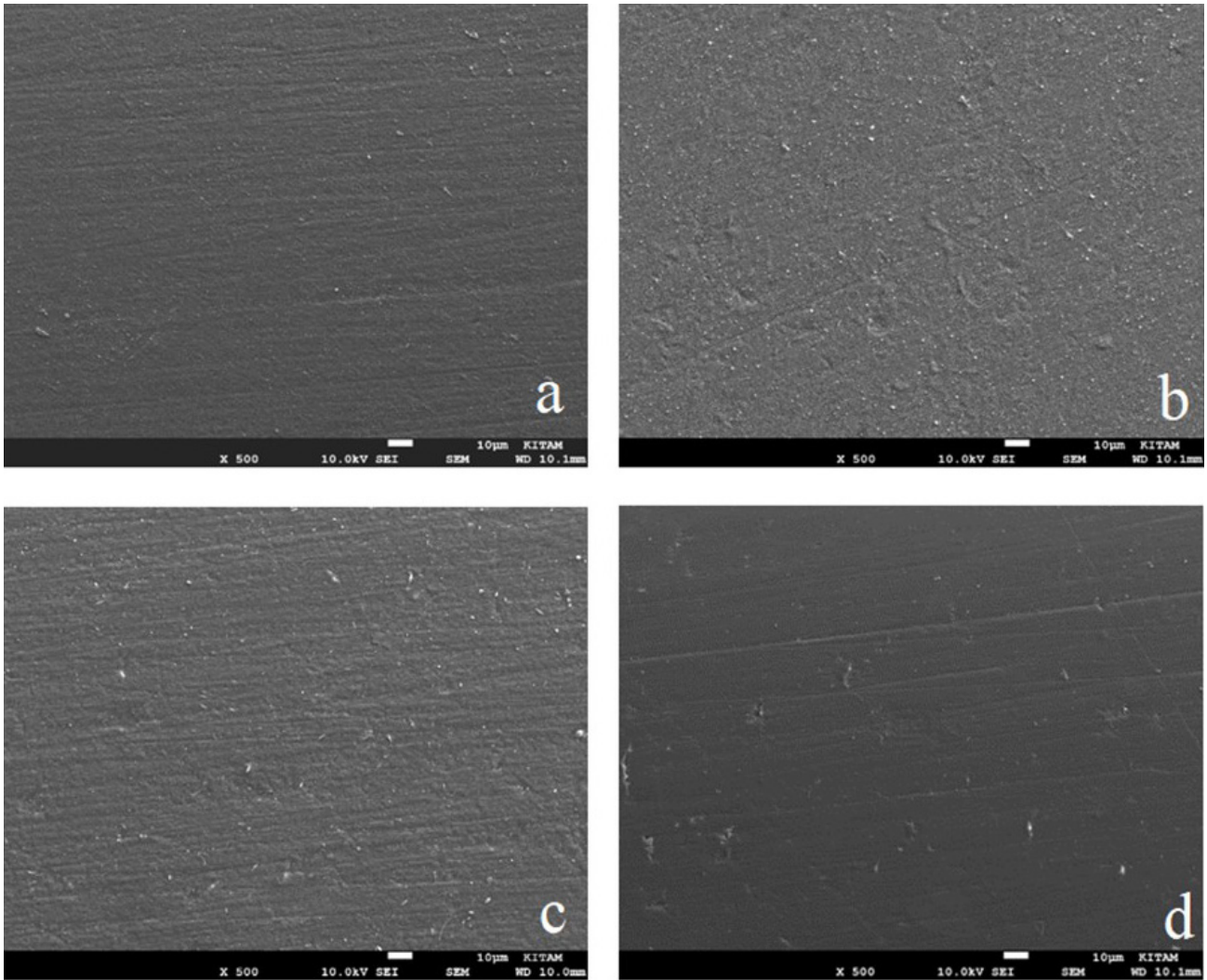
İşlem	Materyal		Toplam
	MMA içermeyen	MMA oligomer içeren	
Geleneksel Cila	2,20±0,67	1,66±0,47	1,93±0,63
Zımpara	1,81±0,48	1,41±0,39	1,61±0,47
Toplam	2,00±0,61	1,54±0,44	1,77±0,58

ler arasında anlamlı bir fark bulundu ($p= 0.001$). Metil metakrilat monomeri içermeyen rezin, MMA oligomer içeren rezine göre daha yüksek renk farklılığı değerleri göstermiştir. Benzer bir şekilde cila işlemleri arasında da istatistiksel bir fark bulundu ($p=0.081$).

Her iki rezin materyalinde de geleneksel cila yöntemi zımpara ile cila yöntemine göre daha yüksek renk

farklılığı göstermiştir, MMA içermeyen yapay diş rezini ortalama renk farklılığı değeri $2,20\pm0,67$ iken, MMA oligomer içerikli rezinin ortalama değeri $1,66\pm0,47$ olarak bulundu. Yüzey işlemlerinin renk farklılığı üzerine etkilerini gösteren grupların ortalama değerleri Tablo III' te görülmektedir.

Taramalı elektron mikroskop (SEM) ile elde edilen



Şekil 2. Taramalı elektron mikrografi analizi (x500); (a) Oligomer içerikli rezin zımpara ile cilalama; (b) Oligomer içerikli rezin geleneksel cilalama (Flexura™Smile, Desktop Health, Envision TEC™ systems, Almanya). (c) MMA içermeyen rezin zımpara ile cilalama; (d) MMA içermeyen rezin geleneksel cilalama (PowerResins Temp, DentaFab, Türkiye).

fotomikrografları incelendiğinde en düzgün yüzeyin sili-kon karbür zımpara kağıtları ile cilalama işlemi uygulanan örnekte elde edildiği görülmüştür (Şekil 2-a, c) Her iki polisaj yöntemi karşılaştırıldığında geleneksel cilalama yöntemi uygulanan gruplarda yüzeyler daha pürüzlü ve daha çok girinti içeren yüzeyler olduğu görülmüştür (Şekil 2-b, d).

Tartışma

Hareketli protezlerde bulunan yapay dişlerin renk stabilitesi hem protezlerin uzun ömürlü olması hem de hasta memnuniyeti açısından önemli bir faktördür. Renk değişikliği, estetik uyumsuzluk protezlerin yenilenmesinin başlıca nedenleridir.¹⁹

Akrilik rezinin renk değişikliği içsel ve dışsal faktörlerden kaynaklanabilmektedir. İçsel faktörler, rezinin matristeki yapısal değişiklikleri de dahil olmak üzere, akrilik rezinin renk bozulmasıyla ilişkilidir. Ayrıca, rezinlerin termal değişiklikler ve nem içeren fiziksel ve kimyasal koşullara maruz kalması sonucunda materyalin yaşlanması ile içsel renk değişikliği oluşmaktadır. Su emilim ve adsorpsiyon gibi dış faktörler, renk değişikliğini artırabilir.²⁷

Bu çalışmada örneklere altı aylık klinik kullanımı simüle etmek amacı ile 5.000 kez ile termal devirleme ile yaşlandırma işlemi uygulandı.²³ Yaşlandırma işlemi sırasında yapay diş rezin materyalinin sıcak ve soğuk su banyosuna maruz kalması termal stresleri taklit ederek protez polimerinin bozulmasına neden olabilir ve ısı stresi su emilimini artırarak emilen suyun protezi yumuşatması ile protez rezinin özelliklerinin bozulmasına neden olabilir.²⁸⁻³⁰ Tüm rezin materyallerin termal devirleme işleminden sonra artan su emilimini gösterdiği ve 3B baskı ile üretilen rezin materyallerinde de aynı davranışın gözlemlendiği bildirilmiştir.^{31,32}

Su emilimi, rezinlerin fiziksel ve kimyasal yapısında bozulmalara neden olan, ayrıca renk stabilitesini etkileyen faktörlerden biridir. Su emilimi, çeşitli gıdalardan gelen pigmentlerin rezinin yapısına girmesini veya yapışmasını artıran neden olabilmektedir.²² Gad ve ark.³³ 3 boyutlu baskılı rezin gruplarının termal devirleme öncesinde ve sonrasında konvansiyonel yöntemlerle üretilen rezinlere göre su emiliminin önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Buna benzer olarak farklı çalışmalarda da 3B baskılı rezinlerin daha yüksek su emilim değerlerine

sahip olduğu bildirilmiştir.^{32,34,35} Su emilimindeki artışın polimerizasyon tekniği ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir.³³ Üç boyutlu yazıcı ile üretilen rezinlerin düşük polimerizasyon oranları, reaksiyona girmeyen monomerlerde artış olması ile sonuçlanır.³³ Buna ek olarak rezin içerisindeki çapraz bağ maddeleri, plastikleştirici maddeler, başlatıcılar veya çözünür materyaller gibi polimerize rezinlerinde bulunan ek bileşenler yüksek su emilimine neden olabilmektedir.³³ Su emilimini etkileyen diğer faktör ise 3B baskılı rezinlerinin baskı katmanları arasında emilen suyun interpolimerik boşluklara yayılması ve bunun sonucunda suda çözünürlüğünün artmasıdır.³³

Greil ve ark.³⁵ 3B baskılı rezininde oluşabilen renk ve yarı saydımlıktaki farklılığın sebebinin farklı monomer / oligomer tipi, monomer molekül ağırlığı, foto-başlatıcı tipi ve foto-polimerizasyon mekanizmasına sahip olmalarından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca üç boyutlu baskı rezinlerinin formülasyonundaki farklı monomer içeriği, rezinin mekanik özelliklerindeki değişikliklerinin sebebi olduğu belirtilmiştir.³⁶

Renk stabilitesini etkileyebilecek başka bir faktör ise 3B baskılı rezinlerinin yüzey bozulmasıdır.³⁷ Yüzey bozulması materyalin içeriği ile ters orantılıdır. Üç boyutlu baskılı rezinler genellikle azaltılmış inorganik dolgu parçacıkları içerir, böylece üretim süreci sırasında malzemenin akışkanlığı artar ve daha pürüzsüz bir yüzey oluşturabilecek düşük viskozite sağlanır.³⁷ Buna karşın, azaltılmış dolgu içeriği, rezinin malzemesinin aşınma direncini azaltır ve yaşlanma süreci sırasında yüzeyin bozulmasına yol açmaktadır.³⁷

Yüzey bozulmasını arttıran başka bir faktör ise depolama sırasında dolgu parçacıklarının çökmesinin baskı sırasında heterojen katmanlar oluşturması ve böylece yetersiz polimerizasyona yol açabilmesidir. Bu faktör, 3B baskılı rezinlerinde gözlenen artan renk değişikliklerinin bir nedeni olabilir.²²

Assuncao ve ark.²⁷ yaptıkları çalışmanın sonucunda farklı yapay dişlerin benzer kimyasal yapılarına rağmen farklı renk stabilitesi gösterdiğini ve bunun nedeninin kimyasal yapıların içinde bulunan hidrofil yapıdaki monomerlerin ve farklı miktarda çapraz bağlayıcıların bulunması olduğunu bildirmişlerdir. Çeşitli çalışmalar, kompozit reçinelerin renk stabilitesinde rezin matris tipinin önemli olduğu ve trietilen glikol dimetakrilat

(TEGDMA) içeren kompozit rezinlerin diglisidil eter metakrilat (bis-GMA) veya üretan dimetakrilat (UDMA) içeren kompozitlere göre daha fazla renk değişikliğinin kaydedildiğini bildirmiştir.³⁸

Şahin ve ark.¹¹ yaptıkları çalışmaya göre mikrodolurcu ile güçlendirilmiş PMMA esaslı yapay dişlerin grubu daha düşük renk değişimi değerleri gösterdiği ve bu sonucun yüksek derecede oluşan hidrofobik çapraz bağlanma ve dolgu içeriği ile daha az su emilimine yol açtığını açıklamışlardır.

Bu çalışmada MMA içermeyen yapay diş rezinin ortalama renk farklılığı değerlerinin ($\Delta E_{00}=2,00$) kabul edilebilirlik eşiğinin ($\Delta E_{00}= 1,8$) üstünde kalmaktadır ve diğer rezine göre daha fazla renklenme gösterdiği bulunmuştur. Bu sonucun yukarıda detaylı anlatılan rezinin polimerizasyon yöntemi ve kimyasal özellikleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Fakat üretici firmaların rezinlerin kimyasal içeriklerinin ticari rekabeti açısından paylaşılması, net sonuçların verilememesine neden olmaktadır.

Ağız içi restorasyonların yüzey pürüzlülüğü, renklenme ve lekelenme oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Yüksek yüzey pürüzlülüğü arttıkça lekelenmenin de arttığı bildirilmiştir.³⁹ Pürüzlü bir yüzey daha dağınık yansımaya izin verirken düz ve pürüzsüz bir yüzey aynasal yansımaya izin vererek, farklı renk algısına neden olabilir.^{27,40} Yüzeyin yeterli bir şekilde cilalanması, restorasyonun plak birikiminin azalmasını, leke oluşmamasını ve restorasyonun hızlı aşınmasını engelleyecek önemli bir etkidir.⁴¹ Bu çalışmada zımpara kağıtları ile cilalanmış grupta ortalama renk farklılığı değeri ($\Delta E_{00}=1,61$) iken geleneksel cilalama tekniği ile elde edilen ortalama renk farklılığı değeri ($\Delta E_{00}=1,93$) kabul edilebilir eşiğinin üstünde bulunmuştur. Zımpara kağıtları ile yapılan cilalama protokolü ile daha pürüzsüz bir yüzey elde edilmiştir. Bunun nedeni zımpara kâğıtları (p800-p4000) kalın partiküllerden, ultra ince partiküle doğru sıra ile uygulanması sonucunda yüzeydeki pürüzlerin veya yüzey düzensizliklerinin aşındırılarak düz bir yüzey oluşturulmasıdır. Bununla birlikte, geleneksel cilalama işleminde aşındırma miktarı daha az olurken, polisaj patı ise sadece düz yüzeylerin parlatılmasına yardımcı olmaktadır. Şahin ve ark.¹¹ yaptıkları çalışmada geleneksel cilalama ile cilalanan yapay diş grubu için en yüksek ΔE_{00} değeri elde

edilmiştir. Çalışmamızda yüzey işlemlerinin SEM incelemesinde zımpara ile cilalanmış yüzeylerin daha düzgün bir yüzeye sahip olduğu ve yüzey defektlerinin olmadığı görülmektedir (Şekil 2).

Üç boyutlu baskı yöntemi ile kullanılan rezinlerin kimyasal içerikleri ile ilgili detaylı bilgiler üretici firmalar tarafından paylaşılmamaktadır. Bu nedenle kimyasal yapının fiziksel özelliklere ne kadar etkili olması ile ilgili kesin sonuçlar verilememektedir. Ayrıca bu çalışmada in vitro koşullar kullanılması yine sınırlamalarımızı oluşturmaktadır.

Bu sınırlamalar dahilinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Üç boyutlu baskı yöntemi ile üretilen yapay rezin dişlerin yapısal farklılıkları renk farklılığı üzerinde etkili bulunmuştur.

2. Yüzey cilalama işlemleri arasında farklı gren boyutları içeren zımpara kağıtlarının sırası ile kullanımı sonucunda elde edilen yüzey daha düşük renk farklılığı oluşturmıştır.

3. Bu materyallerin in vivo şartlarda test edilmesi daha kesin sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Al-Rafee M. The epidemiology of edentulism and the associated factors: A literature Review. *J Family Med Prim Care*. 2020;9(4):1841.
2. Messias A, Karasan D, Nicolau P, Pjetursson BE, Guerra F. Rehabilitation of full-arch edentulism with fixed or removable dentures retained by root-form dental implants: A systematic review of outcomes and outcome measures used in clinical research in the last 10 years. *J Clin Periodontol*. 2023;50(S25):38-54.
3. Xie Q, Ding T, Yang G. Rehabilitation of oral function with removable dentures - still an option? *J Oral Rehabil*. 2015;42(3):234-242.
4. Sivaramakrishnan G, Sridharan K. Comparison of implant supported mandibular overdentures and conventional dentures on quality of life: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Aust Dent J*. 2016;61(4):482-488.
5. Ali Z, Baker S, Barabari P, Martin N. Efficacy of Removable Partial Denture Treatment: A Retrospective Oral Health-Related Quality of Life Evaluation. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2017;25(2):101-107.
6. Senih Çalikkocaoğlu. Tam Protezler Cilt 2. Özyurt yayınevi. 2021: 426-427
7. Nallaswamy D. Textbook of Prosthodontics. 2nd Edition. Jaypee Brothers Medical Publishers; 2017: 4
8. Yıldırım MP, Yanıkoğlu N, Atatürk FB, et al. Farklı Solüsyonlarda Bekletilen Akrilik Dişlerin Renklenme Düzeylerinin İncelenmesi. *EÜ Dişhek Fak Derg*. 2012; 33(1): 32-37
9. Mudliar VL, Tieh MT, Aarts JM, Paras A, Choi JJE. Wear of Modern Denture Teeth—A Systematic Review. *Oral* 2022;2(1):95-111.
10. Anusavice KJ SCRHR. Phillip's Science of Dental Materials. In: 12th Ed. Elsevier Inc.; 2013:463.
11. Şahin O, Dede DÖ, Köroğlu A, Yılmaz B. Influence of surface sealant agents on the surface roughness and color stability of artificial teeth. *J Prosthet Dent*. 2015;114(1):130-137.
12. Dimitrova M, Chuchulska B, Zlatev S, Kazakova R. Colour Stability of 3D-Printed and Prefabricated Denture Teeth after Immersion in Different Colouring Agents—An In Vitro Study. *Polymers (Basel)*. 2022;14(15).
13. Al Taweel SM, Fouzan A Al, Al-Otaibi HN, Labban N, Alshehri HA. Thermal-cycling, simulated brushing, and beverages induced color changes and roughness of CAD/CAM poly (methyl methacrylate) denture resins. *Mater Res Express*. 2021;8(12): 125401.
14. Tieh MT, Waddell JN, Choi JJE. Optical Properties and Color Stability of Denture Teeth—A Systematic Review. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(5):385-398.
15. Barão VAR, Ogawa ES, Moreno A, Mesquita MF, Wee AG, Assunção WG. Long-term clinical evaluation of the color stability and stainability of acrylic resin denture teeth. *J Prosthet Dent*. 2015;113(6):628-635.
16. Shishehian A, Firouz F, Khazae S, Rajabi H, Farhadian M, Niaghiha F. Evaluating the color stability of 3D-printed resins against various solutions. *Eur J Transl Myol*. 2023;33(3):11493.
17. Dimitrova M, Corsalini M, Kazakova R, et al. Color Stability Determination of CAD/CAM Milled and 3D Printed Acrylic Resins for Denture Bases: A Narrative Review. *J of Compos Sci*. 2022; 6(7):201.
18. Shahrubudin N, Lee TC, Ramlan R. An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. In: *Procedia Manufacturing*. Vol 35. Elsevier. 2019:1286-1296.
19. Koh ES, Cha HS, Kim TH, Ahn JS, Lee JH. Color stability of three dimensional-printed denture teeth exposed to various colorants. *The JK Acad Prosthodont*. 2020;58(1):1.
20. Alfouzan AF, Alotiabi HM, Labban N, NejerAl-Otaibi H, Al Taweel SM, AlShehri HA. Color stability of 3D-printed denture resins: Effect of aging, mechanical brushing and immersion in staining medium. *J Adv Prosthodont*. 2021;13(3):160-171.
21. Lee EH, Ahn JS, Lim YJ, Kwon HB, Kim MJ. Effect of layer thickness and printing orientation on the color stability and stainability of a 3D-printed resin material. *J Prosthet Dent*. 2022;127(5):784.e1-784.e7.
22. Gruber S, Kamnoedboon P, Özcan M, Srinivasan M. CAD/CAM Complete Denture Resins: An In Vitro Evaluation of Color Stability. *J Prosthodont*. 2021;30(5):430-439.
23. Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin WS. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2021;126(2):248-53.
24. Manabe A, Kato Y, Finger WJ, Kanehira M, Komatsu M. Discoloration of coating resins exposed to staining

- solutions in vitro. *Dent Mater J.* 2009;28(3):338-343.
25. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2: e57-64.
 26. Harorlı OT, Barutçigil C. Color recovery effect of commercial mouth rinses on a discolored composite. *J Esthet Restor Dent.* 2014;26(4):256-263.
 27. Assunção WG, Barão VAR, Pita MS, Goiato MC. Effect of polymerization methods and thermal cycling on color stability of acrylic resin denture teeth. *J Prosthet Dent.* 2009;102(6):385-392.
 28. Lin CT, Lee SY, Tsai TY, Dong DR, Shih YH. Degradation of repaired denture base materials in simulated oral fluid. *J Oral Rehabil.* 2000;27(3):190-198.
 29. Eliasson ST, Dahl JE. Effect of thermal cycling on temperature changes and bond strength in different test specimens. *Biomater Investig Dent.* 2020;7(1):16-24.
 30. Silva C de S, Machado AL, Chaves C de AL, Pavarina AC, Vergani CE. Effect of thermal cycling on denture base and autopolymerizing relines resins. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(3):219-224.
 31. Gad MM, Fouda SM, Abualsaud R, et al. Strength and Surface Properties of a 3D-Printed Denture Base Polymer. *J Prosthodont.* 2022;31(5):412-418.
 32. Berli C, Thieringer FM, Sharma N, et al. Comparing the Mechanical Properties of Pressed, Milled, and 3D-Printed Resins for Occlusal Devices. *J prosthet dent.* 2020;124(6):780-786.
 33. Gad MM, Alshehri SZ, Alhamid SA, et al. Water Sorption, Solubility, and Translucency of 3D-Printed Denture Base Resins. *Dent J (Basel).* 2022;10(3):42.
 34. Perea-Lowery L, Gibreel M, Vallittu PK, Lassila L V. 3D-Printed vs. Heat-Polymerizing and Autopolymerizing Denture Base Acrylic Resins. *Materials (Basel).* 2021;14(19): 5781.
 35. Greil V, Mayinger F, Reymus M, Stawarczyk B. Water sorption, water solubility, degree of conversion, elastic indentation modulus, edge chipping resistance and flexural strength of 3D-printed denture base resins. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2023; 137:105565.
 36. Lin CH, Lin YM, Lai YL, Lee SY. Mechanical Properties, Accuracy, and Cytotoxicity of UV-Polymerized 3D Printing Resins Composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. *J Prosthet Dent.* 2020; 123(2):349-354.
 37. Kessler A, Reymus M, Hickel R, Kunzelmann KH. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dent Mater J.* 2019;35(12):1805-1812.
 38. Güler AU, Güler E, Yücel AC, Ertaş E. Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(2):108-112.
 39. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Ozkan Y, Bek B. Color stability of different denture teeth materials: an in vitro study. *J Oral Sci.* 2001;43(3):193-205.
 40. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12.
 41. Rutkunas V, Sabaliauskas V, Mizutani H. Effects of different food colorants and polishing techniques on color stability of provisional prosthetic materials. *Dent Mater J.* 2010;29(2):167-176.