

METAL DESTEKSİZ SERAMİK KRON VE KÖPRÜ PROTEZLERİNİN ÜRETİMİ

PRODUCTION OF ALL-CERAMIC DENTAL CROWN AND BRIDGE PROSTHESIS

Güray KAYA ve Bekir KARASU

Anadolu Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. Malzeme Bilimi ve Müh. Böl. ESKİŞEHİR

ÖZET

Metal desteksiz seramik kron veya köprü protezleri; seramik destek (altlık), opak, dentin ve mine (insizal veya enamel) olmak üzere 4 farklı bileşenden meydana gelmektedir. Ayrıca, çoğu uygulamada porselen son ürünün daha parlak ve çekici görünmesi için insizalin üstü ince ve şeffaf bir sır tabakasıyla kaplanmaktadır. Yitriya (Y_2O_3) ile kısmen kararlı hale getirilmiş tetragonal zirkonyanın ($t-ZrO_2$) biyo-uyumluluğu, yüksek mekanik özellikleri ve rengi seramik destek malzemesi olarak kron ve köprü uygulamalarında kullanımını son yıllarda çok popüler hale getirmiştir. Bu çalışmada, zirkonya destek, opak, dentin, mine ve sır tabakalarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örneklerin hepsi “ISO 6872, Dental Ceramics” standardına göre hazırlanmış ve test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zirkonya destek, Metal desteksiz diş porseleni, Kron, Köprü, Protez, Üretim, Karakterizasyon

ABSTRACT

All-ceramic crown or bridge prosthesis consist of four different layers; core, opaque, dentine and insical. Moreover, the insical surface is veneered with a glaze coating in most applications to end up with a final product shinier and more attractive. Using yttria-partially stabilized tetragonal zirconia (Y-TZP) as ceramic core material in crowns and bridge applications has become so popular in recent years thanks to its biocompatibility, high mechanical properties and colour. In this study, it was worked on the production of zirconia core, opaque, dentine, insical and glaze layers. All samples were prepared and the tests were performed according to “ISO 6872 Dental Ceramics Standard”.

Keywords:Zirconia core, All-ceramic, Crown, Bridge, Prosthesis, Production, Characterization

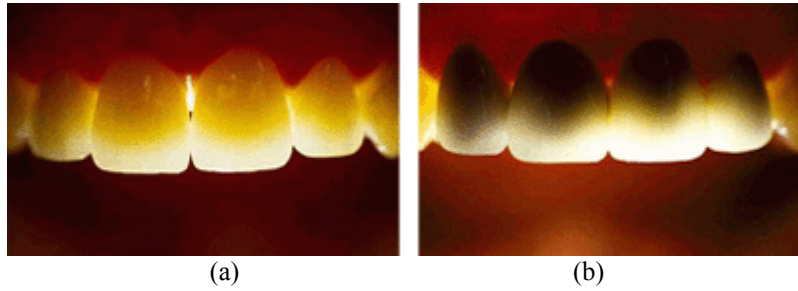
1. GİRİŞ

Bilimsel yaklaşım ve bilinçli değerlendirilme açısından yüz yıldan fazla bir geçmişe sahip seramik esaslı malzemeler çeşitli amaçlara hizmet etmek üzere asırlardır değerlendirilmektedir. Son yıllarda seramiğin sabit diş protezlerinde kullanımında büyük bir artış meydana gelmiştir. Özellikle metal destekli diş protezlerinde metalin yerine seramiğin tercih edilmesine ilgi hızla artmaktadır. Kullanım ilk başlarda tek kron uygulamaları ile sınırlı iken, teknolojik gelişimler sayesinde çok üyeli seramik destekli köprü protezlerinin üretimi mümkün olmuştur. Metal yerine seramik destek tercihinin pek çok nedeni bulunmaktadır;

Metal destekli porselen uygulamalarındaki metal kaidenin rengi gri olduğu için (Şekil 1) griliğin porselenden yansımaları sonucu arzu edilen diş renginde bir bozunum söz konusudur [1-4]. Sorun, metalin bir opaklaştırıcı (metalin yansımalarını önleyici bir örtücü) katmanla örtülmesi yoluyla giderilmeye çalışılmaktadır. Fakat, özellikle ön dişlerde opaklaştırıcı kullanılsa da alttan metalin rengi yansımakta ve bazı durumlarda renk açısından istenilen sonuçlar elde edilememektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Metal destekli porselen protezlerinde kullanılan metal destek [5].



Şekil 2. Zirkonya (ZrO_2) destek kullanılarak yapılan metal desteksiz (tam seramik) (a) ve metal destekli köprü uygulamasının (b) ışık altındaki görüntüleri [6].

Ayrıca, kaplamanın tam anlamıyla başarılı olması için asıl dişin fazlaca kesilmesi, yani; dişin daha çok küçültülmesi gerekmektedir. Sonuçta, diş sınırlarına yaklaşıldığı için bazı dişlerde kanal tedavisi zorunlu hale gelmekte, bazılarında ise sıcak-soğuk duyarlılığıyla karşılaşılmaktadır. Metalin ısıl iletkenliği çok fazla olduğu için sıcak ve soğukun diş sınırlarına iletimi hızlı bir biçimde gerçekleşmektedir. Ayrıca, bazı hastaların metale karşı alerjik hassasiyetleri yüzünden yapılan protezlerde metal destek kullanımı mümkün değildir. Metal destekli porselen protezlerin böylesi dezavantajları hekimleri metal desteksiz porselen tekniğine yöneltmiştir.

Özellikle zirkonyanın üstün mekanik özelliklerinin ve mükemmel biyolojik uyumluluğunun yanı sıra beyaz renge ve tatminkâr yarı geçirgenlik özelliklerine sahip olmasından dolayı metal yerine kullanımı son ürünü estetik açıdan daha çekici kılmaktadır. Ayrıca, zirkonya destekli ürünlerin mekanik özellikleri de köprü uygulamaları için uygundur [3, 7-17].

2. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Zirkonya Desteklerin Üretimi

Çalışmada ilk önce seramik destek olarak kullanılacak zirkonya alt yapılar hazırlanmış daha sonra da bu destekler üzerine uygulanacak porselen tabakaların (opak, dentin, mine ve sır) üretimleri gerçekleştirilmiştir. Zirkonya desteklerin üretiminde % 3 mol yitriya ile yarı kararlı hale getirilmiş (partially-stabilized) granül formunda zirkonyum oksit tozu (TZP) tercih edilmiştir.

Zirkonya blok üretilirken 20x42 mm ebatlarında kalıp kullanılmıştır (Şekil 3). Numunelerin ön şekillendirilmeleri 60 ton kapasiteli Erze Makine marka otomatik preste gerçekleştirilmiştir. Şekillendirilen numuneler yüksek elastikliğe sahip kauçuk torba içerisine yerleştirilerek vakuma alınmış ve sızdırmazlıkları sağlandıktan sonra maksimum 420 MPa çalışma kapasiteli Stansted Fluid marka soğuk izostatik preste preslenmiştir.



Şekil 3. 20x42 mm (genişlik x uzunluk) ebatlarında metal kalıp ve şekillendirilen numuneler.

Preslenen zirkonya numunelere uygulanan bağlayıcı uzaklaştırma işlemi Reta marka elektrikli fırında gerçekleştirilmiş, daha sonra numuneler 900-1200 °C arasında aynı fırında ön sinterlemeye tabi tutulmuş ve yaş yoğunlukları istenilen değerlere getirilmiştir. Zirkonya blokların işlenmesinde Vita Firması'nın Cad/Cam sistemine sahip Sirona marka InLab MC XL model zirkonya işleme cihazı tercih edilmiştir. Hazırlanan numunelerin (ZD) ve Vita YZ-2000 kodlu ticari ürünün sinterlenme işlemleri Vita Zrycomat marka zirkonya sinterleme fırınında 1530 °C'de 2 saatte sağlanmıştır.

2.2. Diş Porselenlerinin Üretimi

Diş porseleni reçetelerinde Eczacıbaşı Karo Fabrikası'ndan temin edilen kuvars, borik asit, potasyum feldispat, sodyum feldispat ve zirkon kullanılmıştır. Ayrıca, çalışmada Sigma-Aldrich Firması'nın alüminyum oksit (% 99,7) ve baryum karbonat (% 99), Fluka Firması'na ait potasyum karbonat (% 99) ve kalsiyum karbonat (% 99), Merck Firması'nın sodyum karbonat (% 99), magnezyum karbonat (% 99), çinko oksit (% 99) ve lityum karbonat (% 99), Riedel-de Haën Firması'na ait kalay oksit (% 99), Stanford Materials Firması'ndan temin edilen % 3 mol Y_2O_3 içeriğine sahip zirkonya, H.C. Starck Firması'ndan alınan Y_2O_3 (% 99,1) ve Acros Firması'nın seryum oksit (% 99,9) tozundan faydalanılmıştır.

Opak (OF), dentin (DF), mine (MF), sır (SF) ve lüsit ($KAlSi_2O_6$) (LF) firitlerine ait hammaddeler hassas bir şekilde tartılarak kuru toz karıştırma cihazında 1 saat süreyle homojen hale getirilmiştir. Hazırlanan yığınlar platin kroze (% 99,7 platin ve % 0,3 iridyum) içerisinde, Protherm marka alttan yüklemeli (asansörlü) cam ergitme fırınında 1200-1500°C'de 1-5 saatte ergitilmiştir. Ergitme işleminin sonunda eriyik suya dökülerek diş porseleni firitleri elde edilmiştir. Firitler fanlı etüvde kurutulduktan sonra Fritsch marka otomatik agat öğütücüde kuru öğütülmüştür. Diğerlerinden farklı olarak LF kodlu lüsit firiti tozu ısı işleme tabi tutulup lüsit kristallenmesi gerçekleştirilmiştir.

Opak porselen tozlarının hazırlanması

OF, LF ve SF kodlu firitlerin öğütülmesinden elde edilen tozların karışımı ($< 63\mu m$) ile belli oranlarda ZrO_2 , SnO_2 ve CeO_2 (kullanılan toplam opaklaştırıcı miktarı; \sim % 30) homojen bir şekilde harmanlanarak opak tozu (OT) elde edilmiştir.

Dentin ve mine porselen tozlarının hazırlanması

DF ve MF kodlu firitlerin 90 μm altına öğütülmesinden sonra DF tozunun \sim % 0,5 ve MF tozunun \sim % 1 CeO_2 ile karıştırılması sonucu sırasıyla dentin (DT) ve mine (MT) tozları hazırlanmıştır.

Sır tozlarının hazırlanması

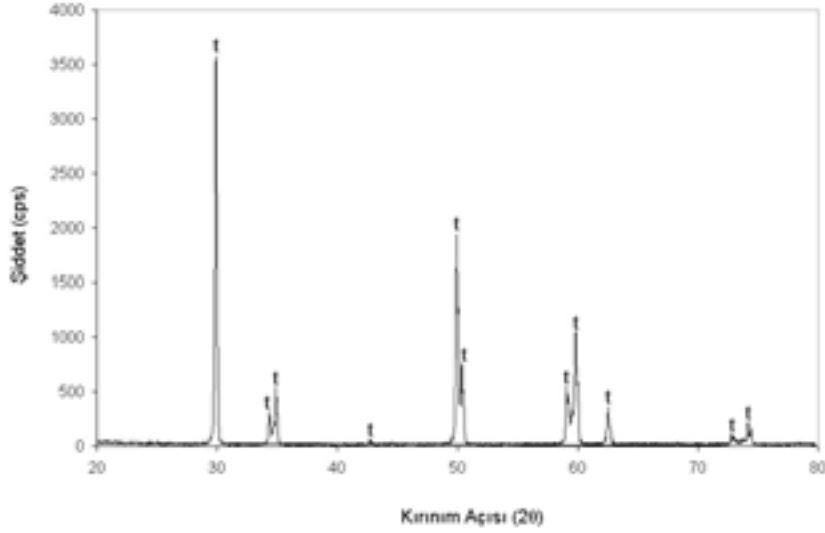
Sır tabakası olarak ise S kodlu firitten hazırlanan toz (< 38µm) ikinci bir katkı yapılmadan kullanılmıştır (ST).

Birinci tabaka olarak hazırlanan opak tozu Keram&Keramik marka opak sıvısı (opaque liquid) ile karıştırılıp çamur kıvamına getirilmiş ve elde edilen çamur diş porseleni fırçası yardımıyla sinterlenmiş zirkonya destek üzerine sürülmüştür. OP kodlu opak porselen tabakalarının pişirimi 910 °C’de 1 dk bekleme süresi ile gerçekleştirilmiştir. Opak porselen tabakası pişirimini takiben Keram&Keramik Still marka şekillendirme sıvısı (modeling liquid) yardımıyla çamur kıvamı verilen dentin ve mine tabakaları sırasıyla numune üzerine uygulanmış ve 900 °C’de 1 dk bekleme süresi ile pişirilmiştir (dentin porseleni: DP ve mine porseleni: MP). Son olarak sır tozu, Keram&Keramik sır sıvısı (glaze liquid) ile karıştırılarak fırça ile dentin pişirimi gerçekleştirilen numune üzerine ince bir tabaka şeklinde uygulanmıştır. Sır pişirimi 890 °C’de 1 dk bekleme süresi ile yapılmıştır (Sır: S). Ayrıca, çalışmada üretilen diş porseleni tozlarından elde edilen sonuçların ticari tozlarınciler ile karşılaştırılması için Noritake Firması’nın zirkonya altyapılar için geliştirdiği Cerabien CZR porselen tozları üretici firmanın direktiflerine uygun olarak pişirilmişlerdir. Diş porselenleri ile ilgili tüm pişirimler Lectra marka vakumlu diş porseleni pişirim fırınında gerçekleştirilmiştir.

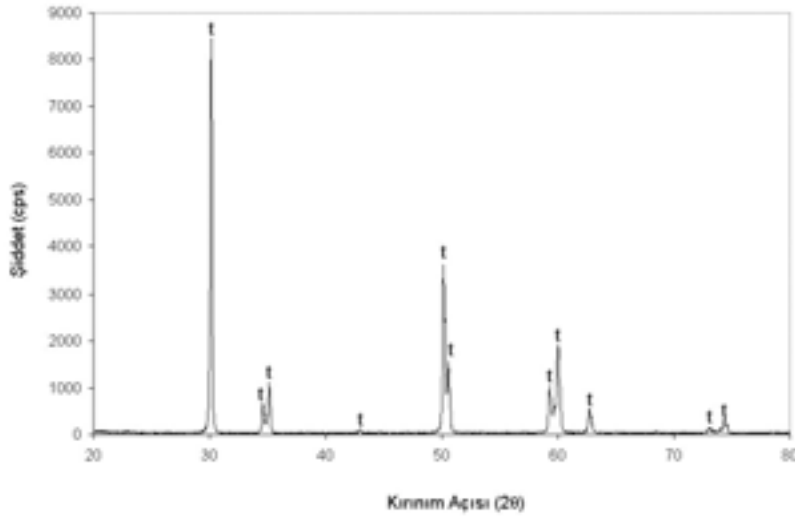
Ticari zirkonya ve diş porselenleri ile çalışmada üretilen numunelerde oluşan kristal fazlar Rigaku marka Rint 2000 serisi CuKα1 ışınmasına sahip ($\lambda=1,54056 \text{ \AA}$) XRD (X-ışını kırınım) cihazı ile belirlenmiştir. Tüm numunelerinin ısıl genleşme katsayıları Netesh marka DIL 402 PC model dilatometre cihazıyla tayin edilmiştir. Numunelerin mikroyapı çalışmaları ve elementel analizleri, Oxford Instruments marka INCA Wave model dalga boyu saçınımı (WDX) ve 7430 model enerji saçınımı X-ışını (EDX) spektrometreleri ile HKL Technology model elektron geri yansıyan kırınım (EBSD) dedektörüne sahip Zeiss marka Supra 50 VP model alan yayınlı elektron tabancalı (FEG) taramalı elektron mikroskopunda (SEM) yapılmıştır. Sinterlenen zirkonya desteklerin ve pişirilen diş porselenlerinin üç nokta eğme sonuçları Instron marka 5581 model mekanik test cihazı ile tespit edilmiştir. Ayrıca, numunelere kimyasal dayanım testi uygulanmıştır. Tüm testler ISO 6872 “Dental Ceramic” ve TS EN ISO 6872 “Diş Seramiği” standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sinterlenmiş zirkonya desteklerin XRD analizi sonuçları Şekil 4 ve 5’de sunulmuştur. XRD desenlerinden ticari ve çalışmada üretilen zirkonya desteklerin tetragonal formda zirkonya oldukları belirlenmiştir. İlk kez Garvie, Hannink ve Pascoe günümüzdeki çalışmalara temel oluşturan “Ceramic Steel” adlı makaleleri ile bir çatlağın önündeki gerilme alanı etkisi ile yarı kararlı tetragonal zirkonya tanelerinin monoklinik forma dönmeleri sonucu zirkonyanın seramiklerin hem dayanımını hem de tokluğunu artırma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir [18].

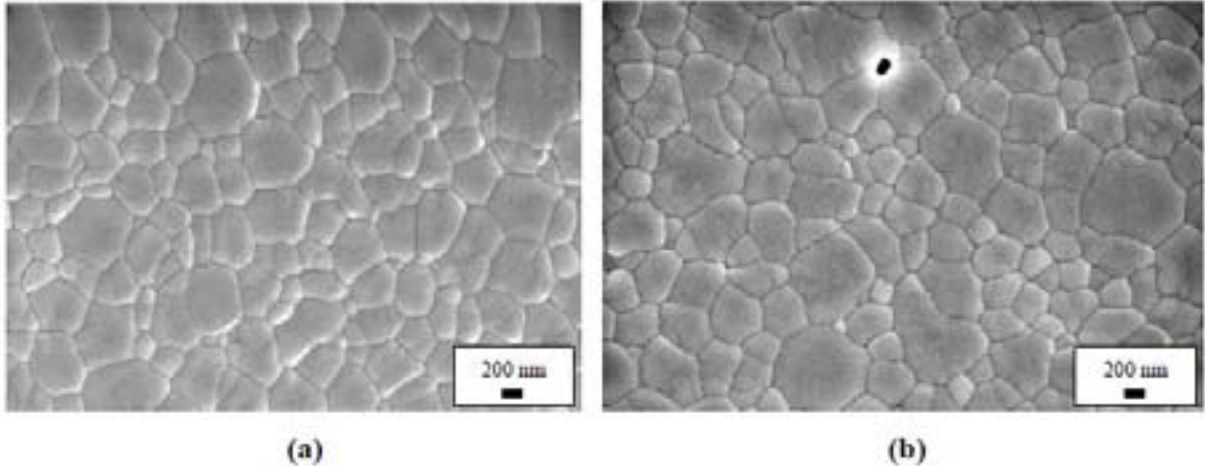


Şekil 4. Sinterlenmiş Vita YZ-2000 kodlu ticari zirkonya desteğin XRD deseni (t: tetragonal ZrO_2).



Şekil 5. Sinterlenmiş ZD kodlu zirkonya desteğin XRD deseni (t: tetragonal ZrO_2).

Çeliklerde görülen martensitik dönüşüm şeklinde gerçekleşen tetragonal-monoklinik faz dönüşümü ile yapıda %3-5'lik hacim artışı meydana gelir. Böylece çatlağın sebebiyet verdiği çekme gerilmesine karşılık matris içinde, özellikle de çatlağın ucunda bir basma gerilmesi alanı oluşur. Bu şekilde çatlağın ilerlemesi engellenerek seramiklerin toklukları artırılmaktadır [19-21]. Dolayısıyla, üretilen desteğin tetragonal formda zirkonya olması ürünün mekanik özellikleri açısından çok önemlidir. Sinterlenmiş zirkonya desteklerin SEM görüntüleri Şekil 6'da takdim edilmiştir. Mikroyapı görüntülerinden her iki ürününde aşırı tane büyümesi meydana gelmeden çok iyi bir şekilde sinterlendiği, sinterlenme sonrası tane boyutunun benzer olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Vita YZ-2000 (a) ve ZD (b) kodlu sinterlenmiş zirkonya desteklerin SEMfotoğrafları.

Zirkonya desteklerin üç nokta eğme testi sonuçlarından Vita YZ-2000 kodlu ticari ürünün 1021 MPa, çalışmada üretilen ZD kodlu ürünün ise 1017 MPa eğme dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sinterlenmiş zirkonya desteklerin eğme testi sonuçları

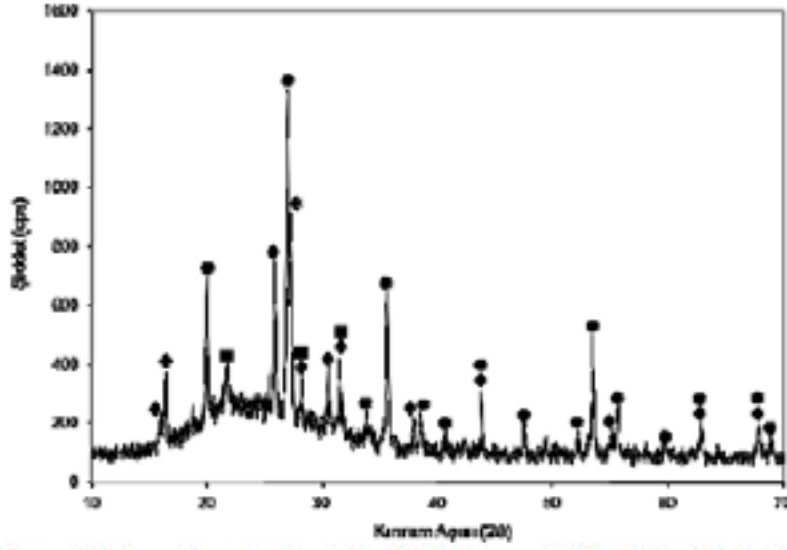
Numune Kodu Sample Code	Eğme Mukavemeti (MPa) Bending Strength	Standart Sapma Standard Deviation
Vita YZ-2000	1021	95
ZD	1017	86

Farsi ve ark. [22] Vita YZ-2000 ile ilgili çalışmalarında ürünün 978 MPa, Ishgi ve ark. 812 MPa [23], Filser ve ark. [13] ise 1107 MPa'lık bir dayanıma sahip olduğunu ifade etmiştir. Firmanın ürün kataloğunda değer 1000 MPa olarak verilmiştir. Mevcut araştırmayla elde edilen sonuç Farsi ve ark. ve firma verileriyle tutarlı gözükmemektedir. ZD kodlu destekten elde edilen değer (1017 MPa) Vita YZ-2000 ile (1021 MPa) hemen hemen aynıdır. Mekanik özellikler üzerine çok büyük etkiye sahip olan ürünlerin mikroyapı görüntülerine bakıldığında ortaya çıkan benzerlik eğme dayanımı sonuçlarının yakınlığını açıklamaktadır.

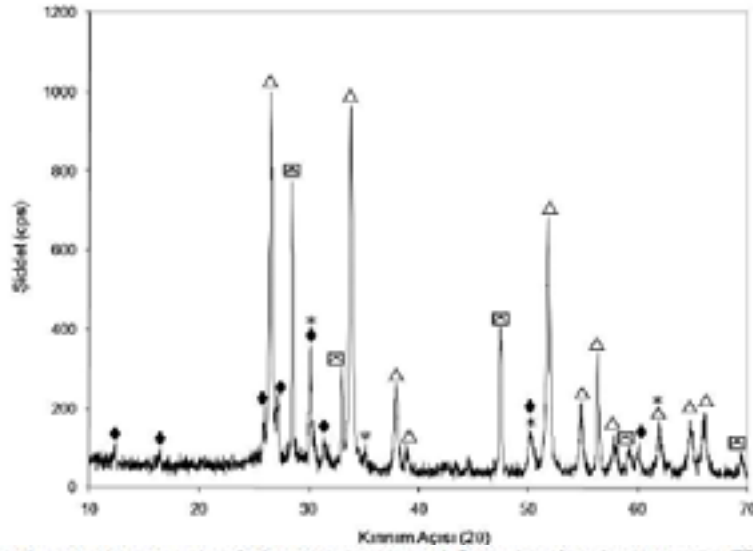
Noritake Firması'nın CZR opak tabakasına ait XRD analizi sonucu Şekil 7'de verilmiştir. İlgili katmanda opaklaştırıcı olarak seramik sırlarının da temel bileşeni olan zirkonun ($ZrSiO_4$) kullanıldığı tespit edilmiştir. Isıl genleşme katsayısını ayarlamak için lüsitten faydalanılır iken bunun yanı sıra genleşme katsayısının çok yüksek olduğu bilinen kristobalitin de (SiO_2) sisteme ilave edildiği belirlenmiştir. OP kodlu opak porselenine ait XRD deseni Şekil 8'de görülmektedir. Yapıdaki ana kristal fazların kasiterit (SnO_2), serianit (CeO_2), tetragonal zirkonya (ZrO_2) ve lüsit ($KAlSi_2O_6$) olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, yapısında ticari opak tozlarından çok farklı fazları barındıran yeni bir opak tabakası üretilmiştir.

Noritake CZR ve çalışmada üretilen DP kodlu dentine ait XRD analizi sonuçları sırasıyla Şekil 9 ve 10'da sunulmuştur. Noritake CZR dentin porseleninde lüsit, zirkon ve kristobalit fazları mevcut iken, DP kodlu üründe sadece serianit kristalleri bulunmaktadır. Noritake CZR üründe lüsit ve kristobalit ile hem ısıl genleşme katsayısı ayarlanmış hem de dentin tabakasından beklenen yarı ışık geçirgenliği

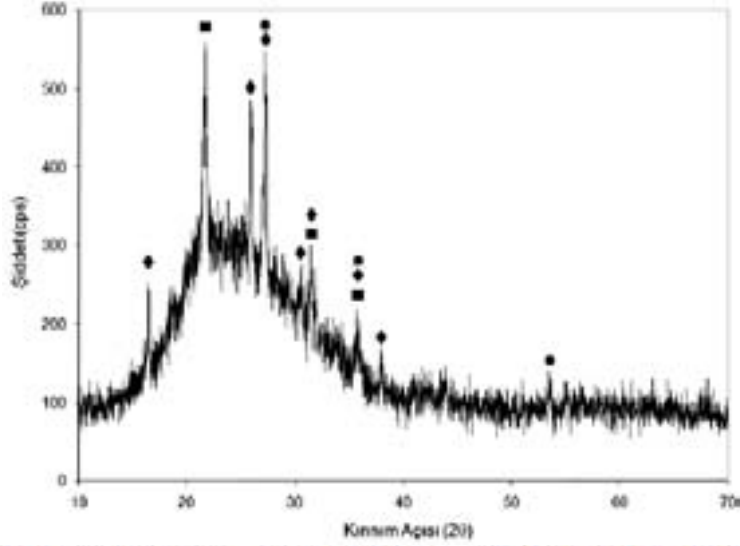
sağlanmıştır. Sistemde ilave olarak bulunan zirkon fazı ile de arzu edilen opaklık elde edilmektedir (Şekil 9).



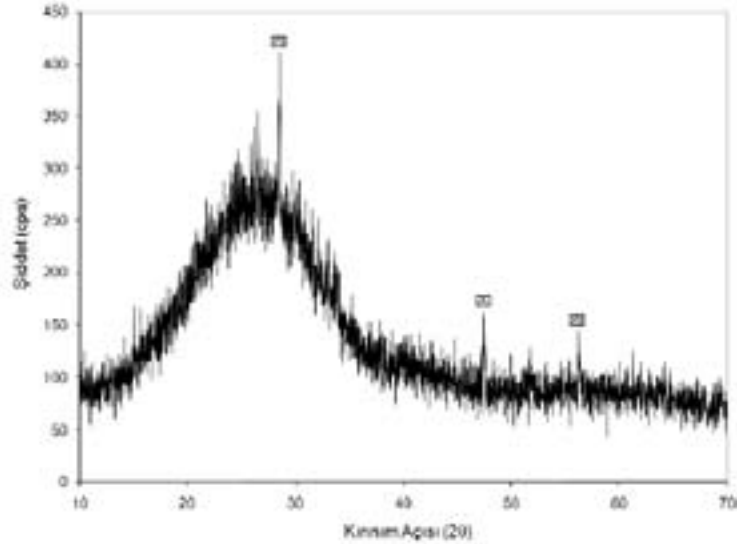
Şekil 7. Noritake CZR opak porseleninin XRD deseni [◆: lüsit ($KAlSi_2O_6$), ●: zirkon ($ZrSiO_4$), ■: kristobalit (SiO_2)].



Şekil 8. OP kodlu opak porseleninin XRD deseni [△: kasiterit (SnO_2), ☒: serianit (CeO_2), *: t-zirkonya (ZrO_2), ◆: lüsit ($KAlSi_2O_6$)].

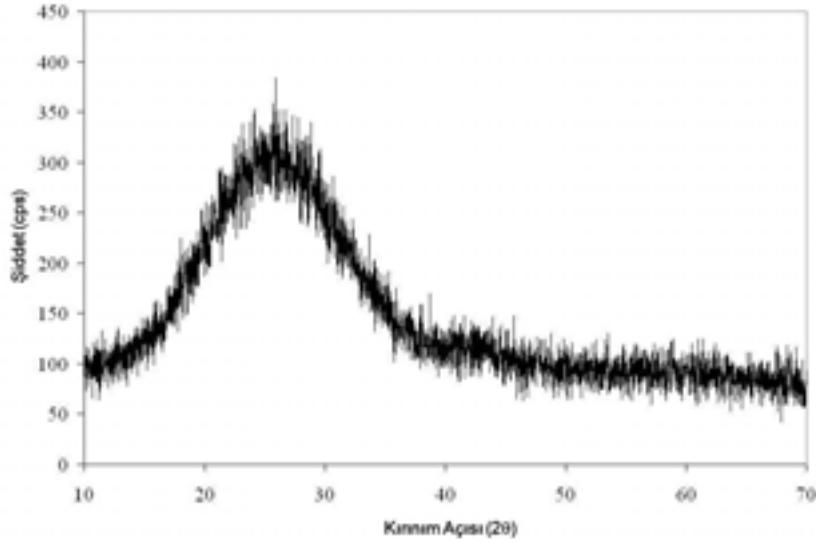


Şekil 9. Noritake CZR dentin porseleninin XRD deseni [◆: lüsit ($KAlSi_2O_6$), ■: kristobalit (SiO_2), ●: zirkon ($ZrSiO_4$)].

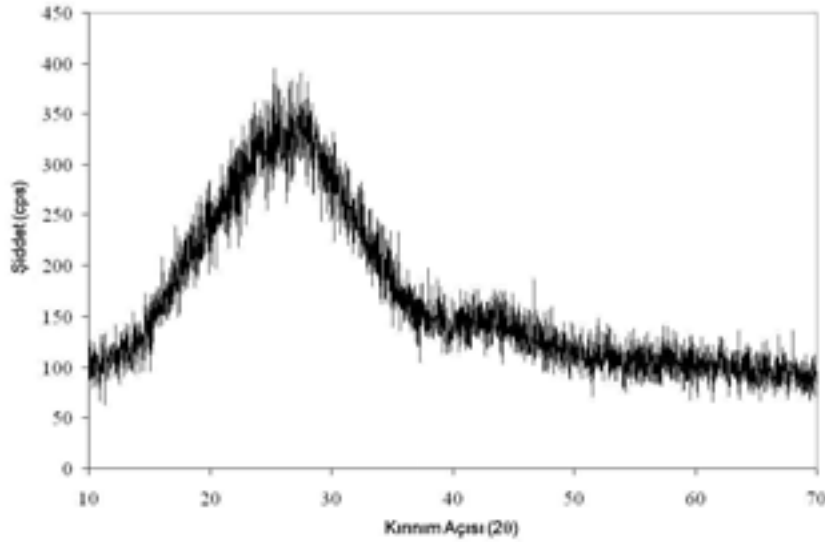


Şekil 10. DP kodlu dentin porseleninin XRD deseni [⊠: serianit (CeO_2)].

Çalışmada üretilen DP kodlu dentin tabakasında ise opaklaştırıcı olarak kullanılan serianit fazı haricinde herhangi bir kristal tespit edilmemiştir. Söz konusu porselen tabakası ile ilgili ısıl genleşme katsayısı uyumsuzluğu yaşanmadığı için sisteme ticari tabakalarda kullanılan lüsit ilavesi yapılmamış ve bundan dolayı yapıda ilgili faza rastlanmamıştır. Ayrıca, Noritake CZR ve MP kodlu mine porselenlerinin de dentin porselenleri ile aynı kristal fazlara sahip olduğu belirlenmiştir. Noritake CZR ve çalışmada üretilen S kodlu sırlar incelendiğinde, ürünlerin kristal faz içermedikleri, camsı yapıya sahip oldukları görülmektedir (Şekil 11 ve 12).



Şekil 11. Noritake CZR sırımın XRD deseni.



Şekil 12. S kodlu sırımın XRD deseni.

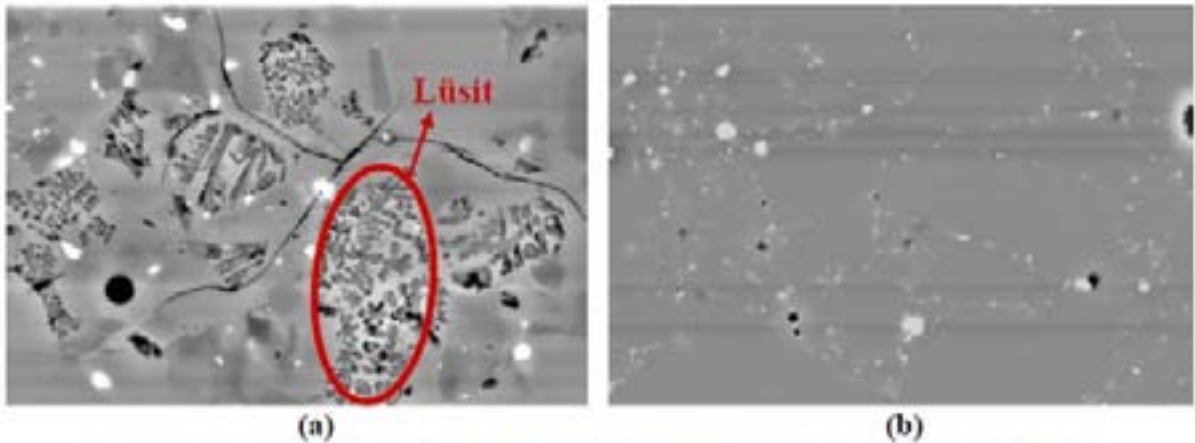
Tabakalara uygulanan üç nokta eğme testi sonuçları Çizelge 3'den takip edilebilir. Test sonunda tüm tabakaların 50 MPa olan ISO 6872 “Dental Ceramics” standart değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Opak katmanlar içinde OP kodlu opak tabakası en yüksek eğme mukavemetine sahiptir (93,29 MPa). Dentin ve mine katmanları karşılaştırıldığında ise özellikle DP kodlu dentin ve MP kodlu mine tabakalarının ticari ürünün yaklaşık iki katı bir dayanım sergiledikleri görülmektedir. Meydana gelen bu farklılığın Noritake CZR tabakalarında bulunan lüsit kristalinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 3. Porselen tabakalara ait kırılma mukavemeti sonuçları

Tabaka Adı Layer Name	Kırılma Mukavemeti (MPa) Flexure Strength	Standart Sapma Standard Deviation
ISO 6872 Standardı	50,00	-
Noritake CZR Opak	73,98	4,59
Noritake CZR Dentin	70,48	5,75
Noritake CZR Mine	62,00	3,88
OP Opak	93,29	6,77
DP Dentin	154,00	0,29
MP Mine	148,00	2,74

Örnek olması açısından her iki dentin katmanının mikro yapıları karşılaştırıldığında ticari üründe lüsit kristallerinin sebep olduğu çatlaklar mevcut iken üretilen MP kodlu katmanda herhangi bir çatlak gözlenmemiştir (Şekil 13). Özellikle lüsit kristallerinin etrafında oluşan çatlaklar lüsitin ısı genleşme katsayısının ($15-25 \times 10^{-6} K^{-1}$) camsı matristen ($8-10 \times 10^{-6} K^{-1}$) çok daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Pişirim sırasında söz konusu farktan dolayı yapıda meydana gelen gerilme camın yumuşama sıcaklığı üzerinde ortadan kalktığı için her hangi bir sorun teşkil etmez iken, soğuma sırasında lüsitin daha fazla küçülmesinden dolayı yapıda çatlamalara sebep olmaktadır [24, 25]. Ayrıca, tıpkı zirkonyada ki gibi ısıtma ve soğutma sırasında lüsite faz dönüşümü meydana gelmektedir. Oda sıcaklığında tetragonal halde bulunan lüsit (low leucite) ~ 625 °C'nin üzerine çıkıldığında % 1,2'lik bir genleşme ile kübik forma dönmektedir (high leucite). Bu reaksiyon tersinirdir.

Dolayısıyla, soğuma sırasında kübik-tetragonal dönüşümünden kaynaklanan hacimce küçülme de çatlak oluşumu üzerinde etkilidir [26-28].



Şekil 13. Noritake CZR (a) ve DP kodlu dentin porselenlerinin SEM fotoğrafları.

5. GENEL SONUÇLAR

- Çalışmada zirkonya blok üretilmiş ve Cad/Cam sistemine sahip cihazda destek formunda işlenmiş, zirkonya destek üzerine uygulanacak opak (OP), dentin (DP), mine (MP) ve sır (S) tabakaları geliştirilmiş, tüm ürünlerin karakterizasyonu ISO 6872 “Dental Ceramic” standartlarına göre yapılmış ve sonuçta çalışmada üretilen zirkonya destek ve diş porselenlerinin bir arada

kullanılmasıyla ticari olanlar ile aynı özelliklerde metal desteksiz sabit diş protezinin üretilmesi mümkün olmuştur (Şekil 14).



Şekil 14. Çalışmada üretilen ürünlerin nihai görüntüsü.

- Mevcut çalışmada üretilen blokların profesyonel çalışma koşullarında diş teknisyenlerince Cad/Cam sistemine sahip cihazda işlenmesi ve sinterlenmesi sonucu ticari ürün ile aynı özelliklere sahip zirkonya destek üretimi gerçekleştirilmiştir.
- Mikroyapı görüntülerinden her iki zirkonya üründe çok iyi bir şekilde sinterlendiği, sinterlenme sonrası tane boyutlarının benzer olduğu ve herhangi aşırı tane büyümesinin meydana gelmediği tespit edilmiştir.
- XRD desenlerinden desteklerin tetragonal formda zirkonya oldukları belirlenmiştir.
- Çalışmada üretilen diş porseleni tabakalarının (OP, DP, MP ve S) ısıl genleşme katsayısı incelendiğinde tüm tabakaların birbirleriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.
- Noritake opak katmanında opaklaştırıcı olarak seramik sırlarının da temel bileşeni olan zirkondan ($ZrSiO_4$) faydalanılmıştır. Isıl genleşme katsayısını ayarlamak için lüsit ve kristobalitte kullanılmıştır. OP kodlu opak tabakada ise kasiterit (SnO_2), tetragonal zirkonya (ZrO_2), serianit (CeO_2) ve lüsit ($KAlSi_2O_6$) fazlarının yer aldığı tespit edilmiştir.
- Ticari dentin ve mine tabakalarına ait XRD analiz sonuçları her iki üründe de lüsit fazının varlığına işaret etmektedir. Ayrıca, opak tozunda olduğu gibi lüsite ilave olarak kristobalit fazı da saptanmıştır. Çalışmada üretilen DP ve MP kodlu dentin ve mine tabakalarının XRD deseninde ise sadece opaklaştırıcı olarak ilave edilen serianit (CeO_2) fazına ait pikler gözlenmektedir.
- Ticari ve çalışmada üretilen sırlar incelendiğinde, ürünlerin kristal faz içermedikleri belirlenmiştir.
- Dentin tabakalarının mikro yapıları karşılaştırıldığında ticari üründe lüsit fazının kullanılmasından kaynaklanan çatlaklar mevcut iken çalışmada geliştirilen katmanlarda herhangi bir çatlak gözlenmemiştir.
- Üç nokta eğme testi sonucunda tüm tabakaların 50 MPa olan ISO 6872 “Dental Ceramics” standart değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Noritake CZR ve DP, MP kodlu dentin ve mine katmanları karşılaştırıldığında özellikle DP ve MP kodlu tabakalarının ticari ürünlerin yaklaşık iki katı dayanıma sahip oldukları tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

060215 nolu bilimsel araştırma projesi (BAP) ile çalışmayı destekleyen Anadolu Üniversitesi’ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Leinfelder, K. F., "Porcelain Esthetics for the 21st Century", *Journal of the American Dental Association (JADA)*, 131, 47-51, 2000.
2. Sadowsky, S. J., "An Overview of Treatment Considerations for Esthetic Restorations: A Review of the Literature", *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 96 [6], 433-442, 2006.
3. Zel, J. M. V. D., "Zirconia Ceramic in Dental CAD/CAM: How CAD/CAM Technology Enables Zirconia to Replace Metal in Restorative Dentistry", *Journal of Dental Technology*, 17-24, February 2007.
4. <http://www.creadenta.com/dis.asp?kid=1&mk=9>.
5. http://www.colordentallabor.com/tr/urunler_metal_kopru_01.asp.
6. www.sote.hu/download/inst87/epa1-2-09.ppt.
7. Erdelt, K., Beuer, F., Schweiger, J., Eichberger, M., Gernet, W., "Flexural Strength of Milled White-Body Zirconia", *Quintessenz Zahntech*, 30 [9], 942-954, 2004.
8. Manicone, P. F., Iommetti, P. R., Raffaelli, L., "An Overview of Zirconia Ceramics: Basic Properties and Clinical Applications", *Journal of Dentistry*, 35, 819-826, 2007.
9. Zel, J. M. V. D., "Ceramics in Systems", *Dental Assia*, 16-22, November/December 2006.
10. Shriharsha, P., Dagmar, V., Sujith, S., Tomas, V., "A New Oxide-Based High-Strength All-Ceramic Material: An Overview", *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 7 [4], 175-178, 2007.
11. Parker, R. M., "Use of Zirconia in Restorative Dentistry", *Dentistry Today*, 116-119, March 2007.
12. Snyder, T. C., "All-Ceramic Restorations Using Vita YZ Cad/Cam Zirconia Veneered with VM9 Porcelain", *Contemporary Esthetics*, 30-33, July 2007.
13. Filser, F., Lüthy, H., Scharer, P., Gauckler, L., "All-Ceramic Dental Bridges by Direct Ceramic Machining (DCM)", *Materials in Medicine, Materials Day*, 165-189, 1998.
14. Denry, I. L., "Recent Advances in Ceramics for Dentistry", *Crit. Rev. Oral Biol. Med.*, 7 [2], 134-143, 1996.
15. Denry, I., Kelly, J. R., "State of The Art of Zirconia for Dental Applications", *Dental Materials*, 24, 299-307, 2008.
16. Kaya, G. ve Karasu, B., "Metal Desteksiz Diş Porseleni Üretimi", IV. Uluslar arası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri (SERES 2007) Bildiriler Kitabı, 689-700, 2007.
17. Kaya, G., Metal Desteksiz Diş Porseleni Üretimi ve Karakterizasyonunu, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2008.
18. Stevens, R., "An Introduction to Zirconia", *Magnesium Electron Ltd.*, 1986.
19. Grigoriadou, M., Fracture Resistance of Three, Unit Posterior Zirconium Dioxide Fixed Partial Dentures: An in Vitro Study, Doktora Tezi, Albert Ludwings University, Freiburg, 2006.
20. Piconi, C., Maccauro, G., "Zirconia as a Ceramic Biomaterial", *Biomaterials*, 20, 1-25, 1999.
21. Christel P., Meunier, A., Heller, M., Torre, J. P., Peille, C. N., "Mechanical Properties and Short-Term in Vitro Evaluation of Yttrium-Oxide-Partially-Stabilized Zirconia", *J., Biomed. Mater. Res.*, 23, 45-61, 1989.
22. http://iadr.confex.com/iadr/2006Orld/techprogram/abstract_76175.htm, 2006.
23. Ishgi, A. A., Giordano, R., Pober, R., "The Effect of Different Treatments on Zirconia- Ceramics' Flexural Strength", ADEA/AADR/CADR Meeting&Exhibition, *Dental Materials: III-Ceramics and Cements Program*, http://iadr.confex.com/iadr/2006Orld/techprogram/abstract_74014.htm, 2006.
24. Kom, M., Kawano, F., Asaoka, K., Matsumoto, N., "Effect of Leucite Crystals on the Strength of Glassy Phase", *Journal of Dental Materials*, 13 [2], 138-147, 1994.
25. Sheu, T., O'Brien, W. J., Rasmussen, S. T., Tien, T., "Mechanical Properties and Thermal Expansion Behavior in Leucite Containing Materials", *Journal of Material Science*, 29 [1], 1994.
26. Mackert, J. R., Butts, M. B., Fairhurst, C. W., "The Effect of the Leucite Transformation on Dental Porcelain Expansion", *Dental Materials*, 2 [1], 32-36, 1986.
27. Ban, S., Matsuo, K., Mizutani, N., Tanikawa, H., Kalkawa, K., Hasegawa, J., "Effect of Cooling Condition on Leucite Crystals in Dental Porcelains", *Journal of Dental Materials*, 18 [2], 137-143, 1999.
28. Mackert, J. R., Butts, M. B., Morena, R., Fairhurst, C. W., "Phase Changes in a Leucite-Containing Dental Porcelain", *Journal of the American Ceramic Society*, 69 [4], 69-72, 1986.