

## DEĞİŞİK pH ORTAMLARINDA CAM İONOMER SİMANLARIN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ

Doç.Dr.Özgül KARACAER\*

Arş.Gör.Semra ADIYEKE\*\*

Yrd.Doç.Dr.Figen OCAK\*\*\*

Yrd.Doç.Dr.Ömer OCAK\*\*\*

Doç.Dr.Hişam DEMİRKÖPRÜLÜ\*

### THE SOLUBILITY OF GLASS IONOMER CEMENTS AT VARIOUS pH MEDIUM

#### SUMMARY

The solubility of luting, lining and base cements at 4 different pH values with various time intervals was studied. In this study, 6 commercial dental cements were used and 3 parallel experiments were run. It has been observed that cements were more soluble in alkaline medium. The cements were stable in pH 6 and 8 buffer solutions. The difference between dental cements are determined with using ANOVA test.

**Key Words:** Glass ionomer cements, Solubility, pH

#### ÖZET

Yapıştırma, astar ve kaide maddesi olarak kullanılan cam iyonmer simanların çeşitli sürelerde ve 4 farklı pH ortamında çözünürlükleri araştırıldı. Çalışmada 6 ticari dental siman kullanıldı. Her pH değeri için 3 örnek hazırlandı. Simanların alkali ve asit ortamda daha fazla çözüldükleri, çözünürlüğün alkali ortamda asit ortama oranla daha fazla olduğu, en stabil oldukları ortamın pH 6 ve pH 8 olduğu gözlemlendi. Dental simanlar arası farklılık ANOVA testi ile belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Cam iyonmer siman, Çözünürlük, pH

#### GİRİŞ

Cam iyonmer simanlar (CİS) ilk kez 1972'de Kent ve Witsen tarafından silikat ve polikarboksilat simanların özelliklerinin birleştirilmesi amacıyla geliştirmişlerdir.<sup>2,4,8,18</sup>

Silikat simanların termal genleşmeleri çok düşüktür. Asitten etkilenmedikleri ortamlarda aşınma dirençlerinin yüksek olması ve florür çıkarması gibi olumlu nitelikleri vardır. Ayrıca mükemmel estetiklerinin yanısıra asit etkisine dirençlidir ve bükülme dirençleri yüksektir.<sup>1,5,18</sup> Polikarboksilat simanların en önemli özelliği hidrofilik yapıları nedeniyle diş dokusuna iyi bir adezyon göstermeleridir.<sup>5,18</sup>

Bu iki simanın en önemli ve üstün özelliklerinin birleştirildiği CİS'lar ise silikat simanlara benzer sertlik gösterirlerken aside karşı daha dirençlidir. Ayrıca CİS'lar mine ve dentine fizikokimyasal adezyonun yanısıra florür salımı, biyouyumluluk ve estetik gibi avantajlara da sahiptirler.<sup>11,12,14</sup> Konvensiyonel CİS'ların fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla siman tozunda ve likit bileşiminde değişiklikler yapılmıştır. Böylece likitteki asidin kuru formları hazırlanarak toza ilave edilerek, düşük viskoziteli ve ince film tabakası oluşturabilen,

su ile sertleşen CİS'lar elde edilmiştir.<sup>15</sup> Daha sonraki yıllarda mekanik özellikleri artırılmış gümüş takviyeli CİS'lar geliştirilmiştir.<sup>5,8</sup>

Son yıllarda rezin bileşenlerinin estetik ve mekanik özelliklerini içeren UV ışığında sertleşen hybrid bir materyal olan rezin modifiye CİS'lar piyasaya sürülmüştür.<sup>2,3</sup> Tüm bu gelişmelere karşın çözünürlüğün restorasyonun başarısını olumsuz yönde etkilemesi önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. ADA'nın 8.Spesifikasyonuna göre çözünürlük maksimum % 0.2 olmalıdır. Simanın organik asitteki çözünürlüğü sudaki çözünürlüğünden çok daha fazladır.<sup>13</sup> Ağız ortamının pH'sı tükürük, alınan gıda ve ilaçlara bağlı olarak değişir. pH'nın düşük olması ise simanların çözünürlüğünün artmasına neden olur.<sup>9,10</sup>

Literatürde CİS'ların sudaki çözünürlüğü ile ilgili araştırmaların yoğunluğuna karşı, farklı pH'lardaki çözünürlüğü ile ilgili bilgiler kısıtlıdır. Bu nedenle araştırmamızda farklı ticari marka CİS'ların değişik pH değerlerine sahip çözeltilerdeki çözünürlüklerini zamana karşı saptamayı amaçladık.

\* Gazi Üniversitesi Dişhek. Fak. Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

\*\* Gazi Üniversitesi Dişhek. Fak. Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Arş.Gör.

\*\*\* Gazi Üniversitesi Eczacılık Fak.Farmasötik Teknoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan poliakrilik asit esaslı cam iyonmer simanlar Tablo I'de sunulmuştur.

Tablo I. Araştırmada kullanılan simanlar

KOD	Siman Adı	Üretici Firma	Kullanım Amacı
N1	İonobond	Voco	Kaide simanı
N2	İonofil U	Voco	Restoratif siman
N3	Meron	Voco	Yapıştırıcı siman
N4	Argion	Voco	Restoratif siman
N5	Lining Cement	Shofu	Kaide simanı
N6	Aqua Cem	Dentrey - Dentsply	Yapıştırıcı siman

Simanlar üretici firmanın önerisi doğrultusunda toz/likit oranına uygun olarak karıştırıldı. Her siman tipi için 12 adet olmak üzere toplam 72 örnek hazırlandı. Toz ve likit karıştırıldıktan hemen sonra 0.5 mm çapında 0.3 mm derinliğinde olan blister ambalajlara yerleştirildi. Siman yüzeyinin düzgün olması amacıyla blisterlerin üzerine cam levhalar konuldu ve sertleşmeleri için 10 dakika bekletildi. Sertleşen siman örnekleri kalıptan çıkarıldı ve tartıldıktan sonra içinde kalsiyum klorür bulunan desikatöre konuldu. Deneye başlamadan hemen önce her bir siman örneği tartıldı ve bu değer % 100 olarak kabul edildi. Tüm tartımlar Mettler H2O marka hassas terazide yapıldı.

Simanlar farklı pH ortamlarında değerlendirilmek üzere 4 gruba ayrıldı. pH değerleri ve kullanılan tamponlar Tablo II'de yer almaktadır.

Tablo II. Araştırmada kullanılan pH değerleri ve tamponlar

pH	Tamponlar
PH 4	Disodyum fosfat / Sitrik asit tamponu
PH 6	Disodyum fosfat / Sitrik asit tamponu
PH 8	Disodyum fosfat / Potasyum fosfat tamponu
PH 10	Sodyum karbonat / Sodyum bikarbonat tamponu

Cam tüplere 10'ar mL tampon çözelti konuldu ve ağızları kapatılarak 37°C de termostatlı su banyosu (Heidolph) içine yerleştirildi. Yarım saat sonra her bir tüpe daha önceden tartılmış örnekler konuldu. 15. dakika, 1. saat, 5. saat, 24 saat, 3.gün, 5.gün, 7.gün, 14.gün 21. ve 28. günlerde her bir örnek plastik pens yardımı ile tüplerden çıkarıldı ve süzgeç kağıdı arasında bekletildikten sonra hava akımında 5 dakika boyunca kurutuldu ve vakumlu desikasörde 5 dakika boyunca bekletildikten sonra tartıldı. Ağırlıklar kalan % cinsinden hesaplandı. Her bir siman örneği için her bir pH'da 3 paralel çalışma yapılarak sonuçların ortalamaları alındı.

## BULGULAR

6 farklı cam iyonmer simanın değişik pH ortamlarındaki çözünürlüğü çeşitli zaman aralıklarında incelendi ve sonuçlar iki yönlü varyans analizi ile (ANOVA) % 95 olasılıkla değerlendirildi ( $\alpha=0.05$ ). İstatistiksel sonuçlara göre pH 4, pH 6, pH 8 ve pH 10 tamponlarında simanların çözünürlükleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ), (Tablo III).

Tablo III. Varyans analizi tablosu

PH	Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	Fhesap	Ftablo
PH 4	Gruplar içi	4824.9	10	482.5	13.8*	2.03
	Gruplar arası	1047.4	5	209.5	6.0*	2.4
	Hata	1743.6	50	34.9		
	TOPLAM	7615.9	65			
PH 6	Gruplar içi	29.2	10	2.92	2.06*	2.03
	Gruplar arası	190.9	5	38.2	26.9*	2.4
	Hata	71.1	50	1.42		
	TOPLAM	291.1	65			
PH 8	Gruplar içi	8.13	10	0.813	1.62**	2.03
	Gruplar arası	11.3	5	2.27	4.51*	2.4
	Hata	25.1	50	0.503		
	TOPLAM	44.6	65			
PH 10	Gruplar içi	1002.9	10	100.3	11.1*	2.03
	Gruplar arası	410.5	5	82.1	9.12*	2.4
	Hata	450.1	50	9.0		
	TOPLAM	1863.5	65			

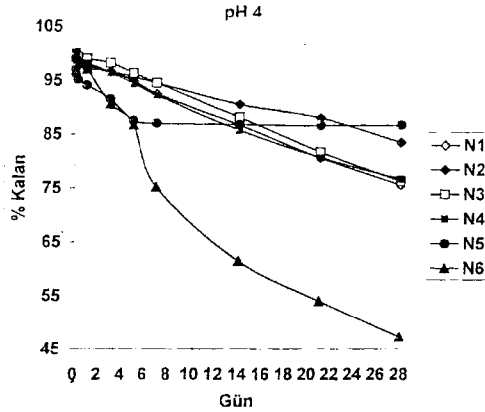
Gruplar içi varyasyon: Her bir zaman aralığında simanlar arasındaki fark

Gruplar arası fark: İlgili pH değeri için simanlar arasındaki fark

\* Fark anlamlı ( $p < 0.05$ )

\*\* Fark anlamsız ( $p > 0.05$ )

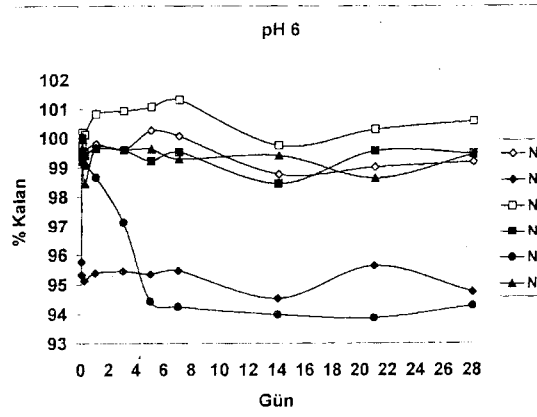
pH 4 için simanların çözüldükten sonra kalan yüzdeleri Grafik 1'de yer almaktadır. Grafikten de anlaşılacağı gibi; tartımların yapıldığı her bir zaman aralığında simanların % kalan değerleri birbirlerinden % 95 olasılıkla anlamlı fark bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bu pH değerlerinde N6 nolu siman deney süresi boyunca hızla çözülmüş ve 28 günün sonunda ağırlığının % 53'ünü kaybetmiştir. N5 no'lu siman ilk 5 gün içinde ağırlığının % 5'ini kaybetmesine rağmen kalan deney süresi boyunca ağırlığında anlamlı bir değişim olmamıştır. Diğer simanların ağırlıklı- rındaki azalma ise doğrusal bir davranış göstere- rek deney süresince devam etmiştir. Bunların çözünme profillerinin birbirine paralel olduğu görülmüştür. İlk 15 dakika ve ilk 1 saat için çözünme değerleri kıyaslandığında, N5 nolu si- manın % 4'e varan ağırlık kaybı ile diğer siman- lardan anlamlı farklılık gösterdiği saptanmıştır. 1 haftalık zaman diliminde ise N5 ve N6 nolu simanların ağırlık kayıplarının % 13 ile % 25 olduğu ve kaybın diğer simanlara göre belirgin derecede fazla olduğu görülmüştür.



Grafik 1. pH 4 tamponunda simanların kalan %'leri .

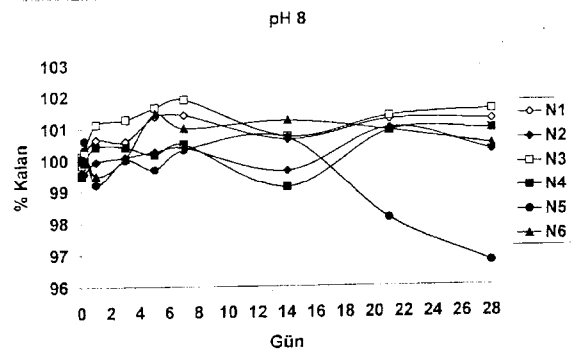
pH 6 için simanların çözüldükten sonra kalan yüzdeleri Grafik 2'de yer almaktadır. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda her bir zaman aralığında siman örneklerinin % ağırlık kayıplarının birbirlerinden % 95 olasılıkla anlamlı fark olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). N2 nolu simanın ilk 15 dakika içinde ağırlığının % 5'ini kaybetmesine rağmen kalan deney süresi boyunca ağırlığının sabit kaldığı görülmüştür. N5 nolu siman ise ilk 5 gün içinde hızla çözünerek ağırlığının % 6'sını kaybetmiş, ancak daha sonra

ağırlığında anlamlı bir değişiklik olmamıştır. Diğer simanlarda ise bu pH'da deney süresince anlamlı bir ağırlık kaybı gözlenememiştir ( $p<0.001$ ). Deney süresi bitiminde teste tabi tutulan tüm örneklerin çözüldükten sonra kalan yüzdeleri % 94-100 arası değişmektedir.



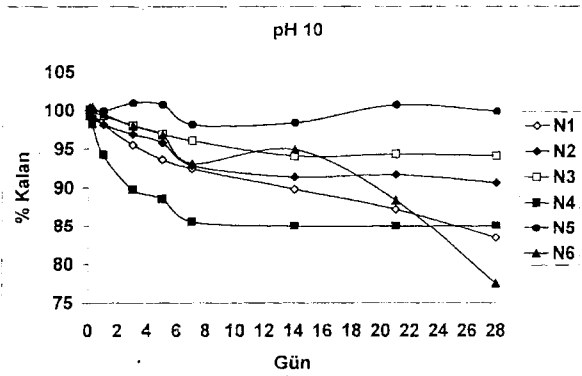
Grafik 2. pH 6 tamponunda simanların kalan %'leri.

Grafik 3'te pH 8 için elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Her bir zaman aralığına karşılık gelen siman ağırlıklarının % kalan değerleri arasında % 95 olasılıkla fark bulunamamıştır ( $p<0.05$ ). Grafikten de anlaşılacağı üzere N5 siman grubu hariç tüm simanlar benzer çözünürlük profili göstermektedirler. N5 kodlu siman diğerlerinden farklı olarak 14 günden sonra daha hızlı çözülmüş ve 28 gün sonaki çözünen miktarı diğerlerinden daha fazla bulunmuştur. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ve tüm deney süresince ağırlığının ancak % 3 kadarını kaybetmiştir.



Grafik 3. pH 8 tamponunda simanların kalan %'leri.

Grafik 4 ise simanların pH 10 tamponunda kalan yüzdelerini göstermektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda herbir zaman aralığında hesaplanan % kalan değerleri arasında % 95 olasılıkla anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). N4 grubuna ait örnekler 1 hafta sonunda tamamen dağılmışlardır. Siman örneklerinin çözünme profilleri N5 nolu siman hariç azalan eğriler olmaları nedeniyle birbirlerine benzerlik göstermektedir. N5 nolu siman örneklerinin deney süresince ağırlıklarında anlamlı bir fark olmamıştır. 28 gün sonunda N2 ve N3 grubuna ait örneklerin kalan yüzleleri % 90 ila % 94 arasında değişirken daha fazla çözünürlük gösteren N1 ve N6 grubuna ait örneklerin kalan yüzde değerleri ise % 75 ile % 80 arasında yer almaktadır.



Grafik 4. pH 10 tamponunda simanların kalan %'leri.

Herbir pH için, değişik zamanlarda örnek ağırlıklarının kalan yüzdelerinin birbirleri ile kıyaslanmasının yanısıra, herbir siman örneğinin değişik pH'larda kalan %'lerinin birbirleri ile kıyaslaması da yapıldı. Herbir simanın pH 4, pH 6, pH 8 ve pH 10'da zamana karşı % kalan değerleri grafiğe geçirildi ve veriler istatistiksel olarak incelendi. Tüm simanlar için pH'lar arasında % kalan siman oranı açısından % 95 olasılıkla anlamlı fark bulundu. N5 nolu siman hariç hepsinin pH 6 ve pH 8 tamponlarındaki çözünme grafikleri X eksenine paraleldi. Bu bize simanların 28 gün boyunca bu pH'larda herhangi bir ağırlık kaybına uğramadan kalabildiğini göstermektedir. Sözü edilen simanların tümünde, pH 4 ve pH 10 da ağırlığın zaman içinde anlamlı olarak azaldığı, pH 4'deki çözünmenin genellikle pH 10'dakine nazaran daha hızlı ve fazla olduğu saptanmıştır. Bu durumu matematiksel olarak

ispatlayabilmek için, pH 4 ve pH 10 tamponlarında zamana karşı % kalan değerleri kinetik açıdan incelenerek; bu iki değer arasındaki ilişkinin lineer özellikte (sıfır derece kinetik) olduğu saptanmıştır. Bu aşamadan sonra N1, N2, N3, N4 ve N6 simanlarının pH4 ve pH 10'da birim zamanda bozulan yüzdelerini veren kinetik parametreler hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo IV'de görülmektedir.

Tablo IV. pH 4 ve pH 10'da simanların çözünme kinetiklerini tanımlayan hız sabitleri.

	K (% çözünen/gün)	
	PH 4	PH 10
N1	0,867	0,575
N2	0,534	0,811
N3	0,850	0,817
N4	0,835	2,032
N5	2,5*	PH 10'da çözünmüyor 0,933**(pH 6 için)
N6	2,02	0,693

\* Hız sabitinin hesabında çözünmenin durduğu zamana kadar olan veriler kullanılmıştır.

\*\* Bu değer pH 6 için çözünmenin durduğu zamana kadar olan veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

N5 nolu siman örneği daha değişik bir çözünme göstermiştir. Ötekilerin aksine pH 10 ve pH 8 tamponunda deney süresi boyunca ağırlığında belirgin bir azalma meydana gelmemiş, pH 6'da ilk 5 gün içinde yaklaşık % 6'lık bir ağırlık azalmasından sonra ağırlığı sabit olarak kalmıştır. pH 4 tamponunda ise diğer siman örneklerinde olduğu gibi hızla çözünerek, ilk 5 gün içinde ağırlığının yaklaşık % 13 kadarını kaybetmiştir. Ancak bundan sonra ağırlığı deney boyunca sabit kalmıştır.

## TARTIŞMA

Simanlar dental restorasyonlarda ve kron köprü protezlerinin geçici veya daimi amaçla yapılandırılması işleminde kullanılır.<sup>6</sup> Günümüze kadar kullanılan simanların fiziksel ve mekanik özelliklerinin yetersiz olması, diş yapısına adezyonlarının zayıf olması, biyolojik uyumlarının arzu edilen seviyede olmaması ve çözünmesi dişhekimini siman seçiminde zorlamaktadır.<sup>9</sup> Bu dezavantajları ortadan kaldırmak amacı ile son yıllarda geliştirilen cam iyonmer siman, çinko fosfat ( $ZnPO_4$ ) ve çinko oksit ( $ZnO$ ) tozları ile

poliakrilik asitin sulandırılmış bir karışımı olup her iki simanın üstün özelliklerine sahiptir.<sup>4</sup>

Ağız ortamı pH'sının alınan gıdalarla değiştiği, asit veya bazik değerlere ulaştığı bilinen bir gerçektir. Simanların bu değişik pH değerleri karşısında çözünürlükleri ise üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

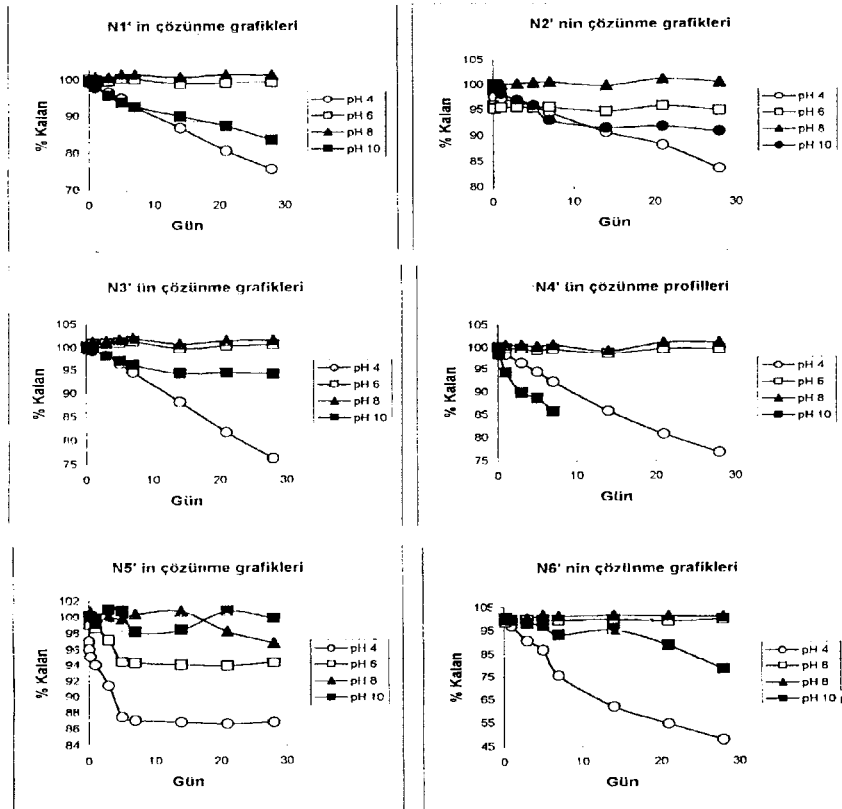
Cam ionomer simanların suda ve bazik ortamlarda düşük çözünürlük gösterdiklerini bildiren yayınlara<sup>7,13,17</sup> karşın, değişik pH ortamlarındaki durumları hakkında bilgiler oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle araştırmamızı geniş çaplı tartışmak mümkün olmamıştır.

Farklı pH'larda çözünürlüğü belirlemek amacıyla yürüttüğümüz in vitro çalışmamızda pH 4, pH 6, pH 8 ve pH 10 tamponlarını kullandık. Simanlar en fazla çözünürlüğü, pH 4 ve pH 10 tamponlarında ve 24 saat içinde gösterdiler. Walls ve arkadaşları<sup>16</sup> yaptıkları benzer bir çalışmada, en fazla çözünürlüğü pH 4 çözeltisinde ilk 15 dakika içinde elde etmişlerdir. pH 4'de tüm simanlarda çözünürlük devam ederken, pH 10 tamponunda 24 saat sonra hiç çözünürlük olmamıştır.

Çalışmamızda ve diğer çalışmada kullanılan simanların pH 4'de daha fazla çözünmesinin nedeni ortamın asidik olmasıdır. Bu bulgunun diğer bir açıklaması da aşınma nedeninin poliasit matrisin stabilitesine iyon salan cam tozunun içeriğine ve birleşme sıcaklığına, karıştırılmış simanın yapısına, polialkenoik asidin moleküler ağırlığına, şelasyon ajanlarının varlığına ve toz/likit oranına bağlı olmasıdır.

pH 10 bazik ortamında, N2 ve N4 nolu simanlar hariç diğerleri asidik ortama göre daha az çözünme göstermişlerdir. Tablo IV'den de görüldüğü gibi pH 10'da bu simanlara ait bir günde çözünen % değerleri daha büyüktür. N5 nolu simanın ise, pH 10 ortamında çözülmesi durana kadar günde % 2.6 kadarının çözüldüğü hesaplanmıştır. Bunun nedeni yukarıda sayılan nedenlerden dolayı, N2, N4 ve N5 nolu simanların yapısının bazik ortama dayanıksızlığı olabilir.

Çalışmamızda simanların en stabil olduğu ortamın pH 6 ve pH 8 olduğunu gözledik (Grafik 5).



Grafik 5. Simanların pH 4, pH 6, pH 8 ve pH 10 ortamında çözünme grafikleri.

Gerçekten de zamana karşı % kalan değerlerin çizildiği grafiklerin tümü, N5 nolu siman hariç, pH 6 ve pH 8'de X eksenine paraleldi. Yaptığımız istatistiksel inceleme sonucunda bu doğruların eğiminin yani simanların çözünme kinetiklerini tanımlayan hız sabitlerinin, K(% çözünen/gün, % 95 olasılıkla sıfırdan anlamlı olarak farklı olmadıklarını saptadık. Walls ve arkadaşlarının<sup>16</sup> başka ve aynı simanları kullandıkları benzer çalışmada, simanların en stabil olduğu ortamın pH 6 ve pH 8 olduğunun belirlenmesi araştırmamızı desteklemektedir.

Swartz ve arkadaşlarının<sup>13</sup> yaptıkları çalışmanın sonucu ağız sıvıları ile erken temasın simanların çözünürlüğünü arttırdığı şeklindedir. Çalışmamızda değişik zaman aralıklarında incelediğimiz simanların pH 4 ve pH 10'da ilk 7 gün içinde % 4 ile % 14 arasında çözündüklerini ve pH 6 ve pH 4 tamponundaki N5 nolu siman hariç deney süresince çözünmenin devam ettiğini gözledik. Bu sonuç Swartz ve arkadaşlarının<sup>13</sup> bulgularını doğrulamaktadır.

## SONUÇ

Araştırmamız CİS'ların çözünürlüklerinin ortamın pH'sından ve karıştırıldıktan sonra geçen süreden etkilendiklerini göstermiştir. Ağız ortamı alınan gıdalarla, karbonatlı diş macunları ile veya antiasit amaçla kullanılan çiğneme tabletleri ile günün her saati devamlı değişmektedir.

Normalde ağız ortamı 6-8 pH değerleri arasında olup, simanın çözünürlüğünü en az düzeyde etkileme açısından en uygun ortama sahiptir. Ancak bahsedilen nedenlerle yüksek ve düşük pH değerlerine ulaşabilen ağız ortamında simanların çözünme problemine karşın bir takım önlemlerin alınması gerekir. Bu nedenle hekim, simantasyon sırasında restorasyonun ve dişin nem izolasyonunu sağlamalıdır. Ayrıca hastaya pH'yı nötralleştirecek ağız gargarası kullanması ve ağız hijyenine dikkat etmesi tavsiye edilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Anderson JN. Applied dental materials.5th Edition London: Blackwell Scientific Publications, 1977.
2. Barnes DM, Blank LW. A clinical evaluation of a resin-modified glass-ionomer restorative material. JADA, 1995; 126: 1245,-1253.
3. Burgess J, Norling B, Summit J. Resin ionomer restorative materials: The nejjw generation. J Esthet Dent 1994; 6: 207-215.

4. Charlton DG, Moore BK, Swartz ML. Direct surface pH determinations of setting cements. Oper Dent, 1991; 16: 231-238.

5. Craig RG. restorative dental materials. 9th Edition, St Louis: Mosby, 1993.

6. Denli N, Eskitaşçıoğlu M. Çeşitli simanların pH değişimi. A Ü Diş Hek Fak Derg 1990; 17(1): 57-60.

7. Mitchem JC, Coronas DG. Clinical evaluation of cement solubility. J Prosthet Dent 1978; 40(4): 453-456.

8. Mount GJ. Some physical and biological properties of glass ionomer cement. Int Dent J, 1995; 45: 135-140.

9. Osborne JW, Swartz ML, Goodacre CJ, Ralph WP, Elliot NG. A method for assessing the clinical solubility and disintegration of luting cements. J Prosthet Dent, 1978; 40(4): 413-417.

10. Rafael LB, William AM. Dental Composites/ Glass Ionomers: The materials. Adv Dent Res, 1992; 6:44-49.

11. Sim TPC, Sidhu SK. The effect of dentinal conditioning on light-activated glass- ionomer cement. Quintessence Int, 1994; 25(7): 506-508.

12. Smith DC. Composition and characteristics of glass ionomer cement. JADA, 1990; 120: 19-22.

13. Swartz ML, Sears C, Phillips RW. Solubility of cement as related to time of exposure in water. J Prosthet Dent, 1971; 26: 501-505.

14. Swift EJ. An update on glass ionomer cements. Quintessence Int, 1988; 19(2): 125-129.

15. Tobias RS, Browne RM, Plant CG, Williams JA. Pulpal response to two semihydrous glass ionomer luting cements. Int Endo J, 1991; 24: 95-107.

16. Walls AWG, Mc Cabe JF, Murray JJ. The effect of the variation in pH of the eroding solution upon the erosion resistance of glass polyalkenoate (ionomer) cements. Br Dent J, 1988; 164: 141-144.

17. Williams JA, Billington RW, Pearson GI. The effect of maturation on in-vitro erosion of glass-ionomer and other dental cements. Br Dent J, 1992; 173:340-342.

18. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Dişhekimliğinde maddeler bilgisi. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi, 1993.