

## DERLEME

# Self-etch adeziv sistemlerde bağlanma

## Bonding of self-etching adhesive systems

**Yrd. Doç. Dr. Burak Gümüştas**

İstanbul Medipol Üniveristesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul.

**Geliş tarihi** : 5 Ocak 2015

**Kabul tarihi** : 26 Şubat 2015

**Yazışma adresi:**

Yrd. Doç. Dr. Burak Gümüştas  
İstanbul Medipol Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,  
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı  
TEM Avrupa Otoyolu Göztepe Çıkışı No:1, Bağcılar  
34214 İstanbul  
E-posta: burakgu@gmail.com

### ÖZET

Günümüzde dişhekimliğindeki gelişmeler sonucu, uygulama zamanını ve aşamalarını azaltmak, kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla daha kolaylaştırılmış ve az basamaklı sistemler üretilmiştir. Bağlayıcı sistemlerin tutuculukları reçine monomerlerin diş dokularına infiltre olmasıyla ortaya çıkan hibrid tabaka ile gerçekleşir. Self-etch adeziv sistemlerin bağlantı özellikleri restorasyonların klinik kullanım ömürlerini etkileyen önemli faktörlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Dentin bağlayıcı sistemler, self-etch, hibridizasyon.

### SUMMARY

Currently, with the developments in dentistry, adhesive systems such as self-etching adhesives are required less time by reducing the number of application steps and technique sensitivity. The mechanism of adhesion is based on the mechanical interlocking within the formation of hybrid layer. The adhesive properties of self etch systems are important factors affecting the clinical use of the restoration.

**Key Words:** Dentin bonding, self-etch, hybridization.

### GİRİŞ

Polimerize olabilen asidik monomerlerin mine ve dentin yüzeylerini pürüzlendirme işlemi ve bağlanmak için doku içine penetrasyonu aynı anda gerçekleşmesi self-etch sistemi olarak tanımlanabilir. Bu nedenle self-etch sistemlerin mine ve dentin dokularının asit ile yıkama ve kurutma işlemlerini ortadan kaldırmasıyla uygulama esnasındaki teknik hassasiyetin azaltılmasında rol oynamaktadırlar. Self-etch adezivlerin klinik olarak kullanımları asit gerektiren total etch sistemler ile aynı olmaktadır. Dentin yüzeyinde bulunan gevşek smear tabakasının kaldırılması ve mine yüzeyine bağlanmanın sağlanacağı pürüzlendirilmiş yüzeyi 15-30 saniye içerisinde oluşturabilmektedirler (1-4). Dentin dokusunda bağlanmanın oluşacağı bölgede inorganik kısmın çözülerek kollojen fibrillerin açığa çıktığı alanda fibriller arası boşluklara (30 ± 11 nm) adeziv komonomerlerinin difüze olarak yaklaşık 5 µm kalınlığında oluşturdukları katman ise hibrit

tabaka olarak adlandırılmaktadır (5, 6).

Günümüzde self-etch sistemler klinik uygulama basamaklarına göre bir ve iki basamaklı olarak ikiye ayrılmaktadır (7). İki aşamalı sistemlerde hidrofilik asitleme özelliği olan primer aşaması ve dentin yüzeyini kaplayacak olan hidrofobik bir bağlayıcı aşaması bulunmaktadır (8, 9). Tek aşamalı sistemlerde aynı şişede hem asidik monomer, hidrofilik ve hidrofobik monomerler, su ve organik çözücüler bulunmaktadır (10). Bu grup altında üniversal tek aşamalı adezivler olarak adlandırılan adezivlerde içeriğe eklenen silan sayesinde seramik yüzeylere de bağlanma sağlanabilmektedir (11-13). Self-etch sistemler asitidite özelliklerine göre (pH değerleri açısından) kuvvetli, (pH<1) orta kuvvetli (pH≈1,5), zayıf (pH≈2) ve çok zayıf (pH≥2,5) olarak sınıflandırılabilir. Kuvvetli sistemlerde minede bağlanma kuvvetleri daha başarılı olurken (14-16) zayıf self-etch sistemlerin bağlanma kuvvetlerinin artırılması için asit ile pürüzlendirme gerekebilmektedir (17, 18).

## 1. Diş Dokularına Bağlanma

Self-etch sistemlerin diş dokularına bağlanmaları iki farklı yönden gerçekleşmektedir; mikromekanik bağlanma ve kimyasal bağlanma. Mikromekanik bağlanma, mekanik strese karşı koymada en büyük rol oynarken, kimyasal bağlanma hidrolitik degradasyonun azaltılmasında ve marjinal kenar bütünlüğünün korunmasında rol oynayarak restorasyonların daha uzun süre hizmet vermesini sağlamaktadır (19-21).

### 1.1. Mine Yüzeyine Bağlanma

Mine yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesiyle interprizmatik, intraprizmatik ve hidroksiapatit kristalleri arasında mikroporözite oluşturulmakta ve bu porözitelere nüfuz eden reçine uzantıları sayesinde kompozit reçinenin (mikromekanik) bağlantısı gerçekleşmektedir. Bu durum asit kullanılan (total-etch) sistemlerin mineyi asitle pürüzlendirme etkisi genel olarak yeterli iken, asit gerektirmeyen (self-etch) sistemler ise minede yeterli yüzey hazırlığı oluşturamayabilmektedir.

Mine dokusunun inorganik içeriği dentin dokusuna göre daha fazladır ve minenin asidik monomere karşı tamponlama kapasitesini arttırmaktadır (22). Self-etch sistemlerin minede fosforik asit uygulamasına benzer bir pürüzlendirme sağladıkları, ancak total-etch sistemlere göre daha az etkili oldukları bildirilmektedir (23). Süt ve daimi diş minelerinin üst yüzeyini alt tabakaya kıyasla hipermineralize ve inorganik içeriği daha fazla olan aprizmatik tabaka oluşturmaktadır. Asitle pürüzlendirme işlemine karşı dirençli bu tabaka, adeziv sistemlerle bağlantıya yatkın değildir (24). Buna bağlı olarak self-etch sistemlerin asiditeleri arasındaki farklılıkların bağlanma dayanıklılığı üzerindeki etkisi araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Self-etch sistemlerin asiditelerinin sağlam mine yüzeyine etkisini incelemiş olduğu bir araştırmada kullanılan güçlü ya da orta asiditede 3 farklı self-etch sistemin sağlam mine yüzeyine bağlanma dayanıklılıklarının düşük olduğunu ve self-etch adezivlerin asiditeleri ile sağlam mine yüzeyine bağlanma dayanıklılığı arasında ilişki bulunmadığını gösterilmiştir (25). Çeşitli araştırmalarda self-etch primerlerle sağlanan mine-reçine bağlantısının fosforik asit ile elde edilenden çok daha zayıf olduğu ifade edilmiştir (26). Ayrıca self-etch primerlerle sağlanan pürüzlü görünümün fosforik asitle kıyaslandığında çok daha yüzeyel olduğunu ve daha az tutuculuk sağladığını bildirilmiştir (27, 28). Ancak ideal pürüzlülüğün oluşturulamaması zayıf bir bağlanmaya işaret etmemektedir (17, 29). Tüm bu araştırmalar birlikte değerlendirildiğinde klinik olarak self-etch adezivlerin mine yüzeyine bağlantısının yeterliliği konusundaki şüpheler ortadan kalkmış değildir.

### 1.2. Dentin Yüzeyine Bağlanma

Dentin dokusunun heterojenitesi, hidrofilik yapısı ve preparasyon sonrası oluşan smear tabakası gibi etkenler, bu dokuyu mineye kıyasla adezyon kuvveti için daha zor bir yüzey haline dönüştürmektedir. Smear tabakasıyla kaplı dentin yüzeyine uygulanan self-etch primerler ile smear tabakası hibrit tabakanın yapısına katılmaktadır. Bu sistemlerle klinik uygulama sırasında dentin tübülleri açığa çıkarılmadığı için

postoperatif duyarlılığın azaldığı bildirilmiştir (25, 30, 31). Ancak dentin yüzeyine bağlanmada bir takım sorunlarla karşılaşmıştır. Self-etch primerin kalın smear tabakasına nüfuz etmesi gereklidir ve bu sırada smear tabakasının mineral içeriği nedeniyle asidik primerin nötralizasyonu sonucu dentinde yeterince demineralizasyon sağlanamayabilir (30, 32). Bu nedenle tek basamaklı self-etch adezivler, dentin yüzeyinin yeterince pürüzlendirilmesi için genellikle daha yüksek konsantrasyonlarda asidik monomer, su ve organik çözücüler içerirler ve daha hidrofiliktirler. Hidrofilik yapıları nedeniyle bu adezivler geçirgen bir membran gibi davranmakta ve polimerizasyon sonrası önemli ölçüde su absorbe etmektedirler (33, 34). Yüksek miktarda asidik gruplar içeren adezivlerin su emiliminin fazla olduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla bu durumun uzun dönem bağlanma dayanıklılığını azaltabileceğine dikkat edilmelidir (33). Mineye ve dentine olan bağlantı açısından bakıldığında; tek basamaklı self-etch sistemlerin, üç basamaklı total etch sistemlerden daha düşük mekanik değerler gösterdiği ve iki basamaklı self-etch sistemlerin tek basamaklı sistemlere göre daha kuvvetli bağlanma değerleri göstermektedirler.

Asiditelerine göre sınıflandırılması ile bağlantı kuvveti kıyaslanması yapıldığında kuvvetli self-etch sistemler smear tabakasını neredeyse tamamen kadırmakta iken çözülmüş kalsiyum fosfatları uzaklaştırmamaktadır. Adeziv içerisinde kalan kalsiyum fosfatlar hidrolitik stabiliteilerinin düşük olması nedeniyle uzun dönemde diş restorasyon arayüz bağlantısında zayıflamaya yok açabilmektedir (7). Orta kuvvetli sistemlerde hibrit tabakanın üst kısmı demineralize edilmekte olup zayıf self-etch sistemlerde smear tabakası kısmen çözülmüş olup ince bir hibrit tabaka oluşmaktadır. Kollagen fibrillerin etrafında hidroksiapatit bırakılmasının sonrasında karboksilik veya fosfat içeren adeziv ile adeziv ve kollojen arada kimyasal bağ oluşabilir (19, 35).

### 1.3. Süt Dişleri

Süt dişlerinin morfolojik özellikleri daimi dişlerden farklılık

göstermektedir. Bu farklılık restoratif yaklaşımların da birbirlerinden farklı olmasını gerektirmektedir. Süt dişlerinin dentin tübülleri daimi dişlere kıyasla daha geniştir (36, 37). Ayrıca daimi dişlere kıyasla mineral miktarları ve dağılımları değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte çocuk hastalarda yaşanabilecek izolasyon problemleri nedeniyle teknik hassasiyeti daha düşük adeziv sistemlerle, daha kısa sürede klinik işlemleri tamamlamak önemlidir. Bu etkenler birlikte düşünüldüğünde süt dişlerinin restorasyonlarında self-etch adezivlerin kullanılması çok daha anlamlıdır. Adeziv sistemlerin süt ve daimi diş dentin yüzeylerine bağlantısını inceleyen bazı araştırmalarda arada fark bulunmazken, diğer araştırmalarda ise süt dişi dentin yüzeyine bağlantının daha zayıf olduğu gösterilmiştir (38)

## 2. Self-etch sistemlerin içerdikleri asidik monomerler

### 2.1. Fosfor içeren monomerler

Fosfor içeren monomerler genellikle mine ve dentinin pürüzlendirilmesinde de rol oynarlar. Aynı zamanda bu monomerler asit uygulanmış dentin yüzeyine monomer difüzyonunda da yardımcı olurlar. Self-etch bağlayıcılar içerisinde genellikle polimerize olabilen fosfor içeren monomerler kullanılmaktadır. Bu monomerlerin ilki fosforik asidin gliserol dimetakrilat esteridir (GDMP) (39, 40).

Fonksiyonel asidik monomerler kimyasal olarak hidroksiapatit ile bağ kurabilmektedirler. Bu monomerlerden bazıları karboksilik, fosforik veya fosfat gruplarından (fenil-P, 10-metakiloksidesil dihidrojenfosfat (10-MDP)), metakiloksidodesilpiridinium bromide (MDPB), 4- metakiloksietil trimelitit anhidrit (4-META), 4- metakiloksietil trimelitik asit (4-MET), 11-metakiloksi-1,1-undesanedikarboksilik asit (MAC-10), 4-akriloksietil trimelitit anhidrit (4-AETA), 2-met akriloksietil dihidrojen fosfat (MEP), fosfat metakrilatları, akrilik eter fosforik asit ve diğer fosforik asit esterleri meydana gelmektedir (41).

### 2.2. Polimerize olabilen karboksilik monomerler

Dentin bağlayıcıların içeriğinde 4. jenerasyon bağlayıcılara

kadar çok sayıda serbest radikal ile polimerize olabilen karboksilik asit türevleri olmasına rağmen self-etch bağlayıcı sistemlerin içinde birkaç birleşik bulunur(4-metakriloksietil trimellitik asit (4-MET), 4-META, ve 10-metakriloyoksidesil malonik asit (MAC-10). Polimerize olabilen doymamış karboksilik asitlerin sulu solüsyonları pH2.0'ın altında bir değer gösterdiği için mine ve dentin dokularını asitleme yeteneğine sahiptir (15, 42).

Hidrolik stabilitesi artırılmış yeni fosfat içeren monomerler Metakrilat fosfatların hidrolitik stabilitesinin artırılması için kuvvetli asidik fosfor grup ile polimerize olabilen grup arasında daha kararlı bağların oluşabilmesi amacıyla monomer eklenmesi gündeme gelmiştir. Bu amaçla fosfonatlar kullanılabilir. Diş hekimliğinde organik fosfonatların kullanımı supragingival diştaşı oluşumunu azaltmak amacıyla ağız gargaralarında kullanılmaktadır. Bu etkisini kalsiyum fosfat kristallerinin büyümesini engelleme özelliği ile göstermektedir (43). Bu amaçla vinilfosforik asit (VPA) ve 4-vinilbenzilfosforik asit (VBPA) kullanımı ile restoratif materyalin diş yüzeyine olan bağlanması artmıştır. Ancak VPA ve VBPA polimerizasyonda metakrilatlar kadar reaktif rol oynamazlar. Günümüzde akrilik eter fosforik asitleri hem metakrilatların polimerizasyonunda rol oynarken hem de kuvvetli asidik fosfor gruplarını hidrolitik olarak kararlı olan eter bağları ile bağlar (44-46).

## SONUÇ

Self-etch sistemlerdeki gelişmeler günümüzde hala devam etmektedir. Bağlayıcı dentin arayüzünde su emilimine bağlı olarak hibrid tabakanın bozulması, polimer yapının plastikleşmesi, reçinenin hidrolizi ve kolajen ağının bozulması ile ilgili konular dikkat çekmektedir. Yeni geliştirilen uygulamaları kolaylaştırılmış adezivlerin çok aşamalı total-etch ve self-etch sistemlere kıyasla düşük bağlanma değerleri göstermesinin yanı sıra daha düşük klinik performansları sergiledikleri göz ardı edilmemelidir.

## KAYNAKLAR

1. S. Talungchit, J.L.P. Jessop, D.S. Cobb, F. Qian, S. Geraldeli, D.H. Pashley, et al. Ethanol-wet bonding and chlorhexidine improve resin-dentin bond durability: quantitative analysis using Raman spectroscopy *J Adhes Dent* 2014; 16: 441-450.
2. N. Nakabayashi, K. Kojima, E. Masuhara The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates *J Biomed Mater Res* 1982; 16: 265-273.
3. Perdigao J, Geraldeli S, Hodges JS. Total-etch versus self-etch adhesive: effect on postoperative sensitivity. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1621-1629.
4. S. Inokoshi, H. Hosoda, C. Harnirahisai, Y. Shimida, T. Tatsumi A study on the resin-impregnated layer of dentin. Part I. A comparative study on the decalcified and undecalcified sections and the application of argon ion beam etching to disclose the resin-impregnated layer of dentin *Jpn J Conserv Dent* 1990; 33: 427-442.
5. B. Van Meerbeek, S. Inokoshi, M. Braem, P. Lambrechts, G. Vanherle Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems *J Dent Res* 1992; 71: 1530-1540.
6. B. Van Meerbeek, A. Dhem, M. Goret-Nicaise, M. Braem, P. Lambrechts, G. Vanherle Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone *J Dent Res* 1993; 72: 494-501.
7. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt, K.L. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater* 2011; 27: 17-28.
8. Chigira H, Yukitani W, Hasegawa T, Manabe A, Itoh K, Hayakawa T, Debari K, Wakumoto S, Hisamitsu H. Self-etching dentin primers containing Phenyl-P. *J Dent Res* 1994; 73: 1088-1095.
9. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res* 1994; 73: 1212-1220.
10. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-132.

11. Wang, Y, Spencer P. Physiochemical interactions at the interfaces between self-etch adhesive systems and dentine. *J Dent* 2004; 32: 118-132.
12. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al.. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent* 2012; 40: 475-484.
13. Perdigão J, Loguercio AD. Universal or Multi-mode Adhesives: Why and How? *J Adhes Dent* 2014; 16: 193-194.
14. Van Meerbeek, B, Peumans, M, Poitevin, A, Mine, A, Van Ende, A, Neves, A, et al.. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010; 26:e100-e121.
15. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater* 2005; 21: 895-910.
16. Perdigao J, Lopes MM, Gomes, G. In vitro bonding performance of self-etch adhesives: II-ultramorphological evaluation. *Oper Dent* 2008; 33: 534-549.
17. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent* 2006; 34: 77-85.
18. Nazari, A, Shimada, Y, Sadr, A, Tagami, J. Pre-etching vs. grinding in promotion of adhesion to intact enamel using self-etch adhesives. *Dent Mater J* 2012; 31: 394-400.
19. Reis AF, Giannini M, Pereira PN. Long-term TEM analysis of the nanoleakage patterns in resin-dentin interfaces produced by different bonding strategies. *Dent Mater*. 2007; 23: 1164-1172.
20. Torii Y, Itou K, Nishitani Y, Yoshiyama M, Ishikawa K, Suzuki K. Effect of self-etching primers containing N-acryloyl aspartic acid on enamel adhesion. *Dent Mater* 2003; 19: 253-258.
21. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al.. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-132.
22. Van Landuyt K, De Munck J, Coutinho E, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding to Dentin: Smear layer and the process of hybridization In: G. Eliades DC, Watts T. Eliades, eds. *Dental Hard Tissues and Bonding*. Chapter 5. Springer-Berlin, 2005: 89-118.
23. Vicente A, Bravo LA, Romero M. Self-etching primer and non-rinse conditioner versus phosphoric acid: alternative methods for bonding brackets. *Eur J Orthod* 2006; 28: 173-178.
24. Nathanson D, Bodkin JL, Evans JR. SEM of etching patterns in surface and subsurface enamel. *J Pedodont*. 1982; 7: 11-17.
25. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater*. 2001; 17: 430-444.
26. Miyazaki M, Sato M, Onose H. Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems. *Oper Dent*. 2000; 25: 75-80.
27. Perdigão J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, van Meerbeek B, Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent*. 1997; 10: 141-146.
28. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B. Self-etching primer vs phosphoric acid-an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent*. 1999; 24: 172-180.
29. Torii Y, Itou K, Hikasa R, Iwata S, Nishitani Y. Enamel tensile bond strength and morphology of resin-enamel interface created by acid etching system with or without moisture and self-etching priming system. *J Oral Rehabil*. 2002; 29: 528-533.
30. Itou K, Torii Y, Nishitani Y, Ishikawa K, Suzuki K, Inoue K. Effect of self-etching primers containing N-acryloyl aspartic acid on dentin adhesion. *J Biomed Mater Res* 2000; 51: 569-574.
31. Leinfelder KE, Kurdziolek SM. Self-etching bonding agents. *Compend Contin Educ Dent*. 2003; 24: 447-454.
32. Hume WR. Influence of dentine on the pulpward release of eugenol or acids from restorative materials. *J Oral Rehabil* 1994; 21: 469-473
33. Tanaka J, Ishikawa K, Yatani H, Yamashita A, Suzuki K. Correlation of dentin bond durability with water absorption of bonding layer. *Dent Mater J*. 1999; 18: 11-18.
34. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res*. 2002; 81: 472-476.

35. Reis A, Grandi V, Carlotto L, Bortoli G, Patzlaff R, Rodrigues AML, et al. Effect of smear layer thickness and acidity of self-etching solutions on early and long-term bond strength to dentin. *J Dent* 2005; 33: 549-559.
36. Sumikawa DA, Marshall GW, Gee L, Marshall SJ. Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatr Dent*. 1999; 21: 439-444.
37. Johnsen DC. Comparison of primary and permanent teeth. In: J.A. Avery, Editor, *Oral development and histology*, B.C. Decker, Philadelphia 1988, pp. 180-190.
38. Kaaden C, Schmalz G, Powers JM. Morphological characterization of the resin-dentin interface in primary teeth. 2003;7:235-240.
39. G. Buonocore, W. Wileman, F. Brudevold A report on a resin composition capable of bonding human dentin surfaces *J Dent Res* 1956; 35: 846-851.
40. Hagger O. Unsaturated esters. GB Patent no 687,299 (to De Trey AG); 1953.
41. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al..Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007; 28: 3757-3785.
42. Chang JC, Hurst TL, Hart DA, Estey AW. 4-META use in dentistry: a literature review. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 216-224.
43. M.D. Francis, R.G.G. Russel, H. Fleisch Diphosphonates inhibit formation of calcium phosphate crystals in vitro and pathological calcification in vivo. *Science* 1969; 165: 1264-1266.
44. N. Moszner, F. Zeuner, U.K. Fischer, V. Rheinberger Monomers for adhesive polymers, 2. Synthesis and radical polymerisation of hydrolytically stable acrylic phosphonic acids. *Macromol Chem Phys* 1999; 200: 1062-1067.
45. N. Moszner, F. Zeuner, U.K. Fischer, V. Rheinberger Monomers for adhesive polymers, 3. Synthesis, radical polymerisation and adhesive properties of hydrolytically stable acrylic phosphonic acid monomers. *Macromol Mater Eng* 2001; 286: 225-231.
46. U. Salz, J. Zimmermann, F. Zeuner, N. Moszner Hydrolytically stable monomers for self-etching enamel-dentin adhesives. *ACS, Div Polym Chem, Polym Prepr* 2004; 45: 325.