

KONRAD MAŁKIEWICZ¹, MARTA GŁADKOWSKA²

Wpływ barwników spożywczych na zmianę koloru materiałów złożonych stosowanych w stomatologii zachowawczej i protetyce stomatologicznej

Influence of Food Dyes on Colour Changes of Composite Materials Designed for Conservative Dentistry and Prosthodontics

¹ Zakład Stomatologii Zachowawczej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

² Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Streszczenie

Cel pracy. Zbadanie, czy stosowane w stomatologii zachowawczej i protetyce materiały złożone są podatne na absorpcję barwników spożywczych w środowisku wybranych napojów, tj. kawy i czerwonego wina oraz który z zastosowanych środków spożywczych będzie powodować bardziej widoczną zmianę koloru badanych materiałów.

Materiał i metody. W badaniu posłużono się 6 różnymi rodzajami materiałów złożonych: Charisma®, Herculite®, Gradia Direct® oraz stosowanych do licowania prac protetycznych: Signum®, Adoro®, Gradia®. Wykonano z nich po 10 dysków o średnicy 6 mm i grubości 2 mm. Próbkę poddano analizie kolorymetrycznej spektrofotometrem Spectroshade (MHT), a następnie umieszczono w roztworach kawy i czerwonego wina na czas 24 godz. (po 5 próbek dla każdego z materiałów). Po inkubacji w środowisku barwników spożywczych badane materiały poddano ponownej analizie kolorymetrycznej. Obliczono zmianę koloru każdej z badanych próbek oraz grup badanych materiałów.

Wyniki. Obserwowano istotną zmianę koloru dla każdej z badanych grup materiałów, niezależnie od rodzaju stosowanego barwnika spożywczego. Największą zmianę kolorystyczną (ΔE) obserwowano w przypadku inkubacji materiałów stosowanych w protetyce po przechowywaniu w czerwonym winie (zmiana o 17,08 punktu), a najmniejszą w przypadku wybarwienia tych materiałów roztworem kawy (9,21 punktu).

Wnioski. Badane napoje barwne, tj. kawa i wino, powodują istotną zmianę koloru (ΔE) materiałów złożonych w warunkach *in vitro*. Wino powoduje silniejszą zmianę koloru stomatologicznych materiałów złożonych niż roztwór kawy (**Dent. Med. Probl. 2011, 48, 2, 173–179**).

Słowa kluczowe: materiały złożone, analiza kolorymetryczna, przebarwienia.

Abstract

Objectives. The aim of the study was to assess both if composite materials used in conservative dentistry and prosthodontic are sensitive for absorption of the food colorants from solutions of cafe or tee and which of used beverages would more affect the staining of both direct and indirect dental composites in relation to group of material.

Material and Methods. Six brands of dental composite materials: Charisma®, Herculite®, Gradia Direct® (direct composites) and Signum®, Adoro®, Gradia® (indirect composites) were investigated in the present study. The composite disks 6 mm in diameter and 2 mm of thickness were prepared, 10 pieces for each materials. Colour of each probe was analyzed with the use the Spectroshade dental spectrophotometer. 5 disks of each series were stored in coffee and 5 in red wine for twenty four hours. To calculate the colour change (ΔE) after storage, the colour of each probe was reanalyzed by the use of Spectroshade.

Results. The significant colour change was observed for each of examined groups of materials independently of used food colorant. The greatest colour change was exhibited for indirect composite group at the level 17.08 points after storage in red wine. The smallest colour change was obtained for the same group stored in coffee at the level 9.21 points.

Conclusions. The food colorants solutions cause significant colour changes of investigated dental composites in *in-vitro* conditions. The wine revealed stronger impact on colour changes of dental composites compared to coffee (**Dent. Med. Probl. 2011, 48, 2, 173–179**).

Key words: dental composites, colorimetric analysis, discolorations.

Zastosowanie materiałów złożonych w stomatologii nie ogranicza się jedynie do bezpośredniego wypełniania ubytków twardych tkanek zębów. Znajdują one zastosowanie także w protetyce stomatologicznej, gdzie służą do wyrobu koron i mostów, licowania podbudów metalowych stałych prac protetycznych, odbudowy kikutów zębów lub wykonywania indywidualnych łyżek wyciskowych.

Materiały złożone są najczęściej ciałami stałymi zawierającymi kilka frakcji, których indywidualne właściwości wpływają na charakterystykę całości. W skład materiału złożonego wchodzi: matryca polimerowa, wypełniacze nieorganiczne, substancje spajające, katalizatory reakcji polimerizacji i barwniki.

Matryca polimerowa jest frakcją organiczną składającą się przeważnie z monomerów metakrylanowych, takich jak: 2-hydroksy-3-metakryloiloksyproksyfenylopropan (Bis-GMA), dimetakrylan uretanu (UDMA) czy 3-etyloglicerolo-2-dimetakrylat (TEGDMA), połączonych w trójwymiarową sieć [1, 2].

Nieorganiczne wypełniacze, wpływające na właściwości fizyczne materiałów złożonych, różnią się zarówno budową chemiczną cząsteczek, jak i ich wielkością. Najczęściej są stosowane: szkło, kwarc, cząsteczki cyrkonu, krzemionka i ceramika. Rozmiary cząsteczek stosowanych współcześnie wypełniaczy wynoszą przeważnie 0,002–3 μm i są obok odsetka objętości wagowej czynnikiem decydującym o właściwościach i klasyfikacji materiału złożonego.

Czynniki spajające (silany) odpowiadają za połączenie między organiczną matrycą materiałów złożonych a nieorganiczną frakcją wypełniacza. Charakterystyczną cechą ich budowy chemicznej jest obecność aktywnych grup funkcyjnych wchodzących w reakcje z frakcjami organicznymi (podwójne wiązania węglowe) i nieorganicznymi materiału złożonego (grupy metylenowe ulegające hydrolizie do grup hydroksylowych) [3].

Wczesne materiały złożone ulegały polimerizacji na drodze reakcji chemicznej inicjowanej przez zmieszanie dwóch past, z których jedna zawierała katalizator. Współcześnie produkowane materiały złożone zawierają fotoaktywne inicjatory reakcji [4, 5], które ulegają uczynnieniu pod wpływem światła widzialnego emitowanego przez lampy polimerizacyjne. Do najczęściej stosowanych fotokatalizatorów należy chinon kamforowy, stanowiący zwykle poniżej 1% materiału złożonego. Związek ten reaguje na światło niebieskie o długości fali około 470 nm. Innymi katalizatorami stosowanymi do inicjacji polimerizacji stomatologicznych materiałów złożonych mogą być nieorganiczne pochodne związków aminowych.

W odróżnieniu od wspomnianego wcześniej chinonu kamforowego nie powodują zmiany barwy stomatologicznych materiałów złożonych w procesie polimerizacji.

Materiały złożone stosowane na potrzeby stomatologii są ciągle udoskonalane. Nadal jednak nie spełniają kryteriów idealnego materiału odtwórczego dla twardych tkanek zębów. Wśród negatywnych cech wspomnianej grupy należy wymienić: skurcz polimerizacyjny odpowiedzialny za powstawanie nieszczelności brzeżnej wypełnienia aplikowanego techniką bezpośrednią, niedoskonałe połączenie z twardymi tkankami zęba za pośrednictwem systemu łączącego, sorpcję wody powodującą zmianę objętości, rozpuszczalność w środowisku jamy ustnej i nietrwałość barwy.

Jedną z determinant decydujących o estetyce materiałów odtwarzających twarde tkanki zęba jest ich kolorystyczne dopasowanie do szkliwa i zębiny. Gdy barwa wypełnienia lub uzupełnienia protetycznego zostanie dobrana we właściwy sposób, o długoterminowym sukcesie klinicznym decyduje (obok wskaźników wytrzymałościowych materiału i trwałości połączenia z tkankami zęba) niezmiennosc jego barwy w środowisku jamy ustnej.

Wyniki badań [6] laboratoryjnych i klinicznych złożonych materiałów stomatologicznych wskazują, iż zarówno bezpośrednio po polimerizacji, jak i później dochodzi w nich do utraty składników organicznych i nieorganicznych. Zjawisko to wpływa niekorzystnie na wskaźniki wytrzymałościowe oraz porowatość wypełnienia lub uzupełnienia protetycznego, zwiększając jego podatność na absorpcję substancji barwnych [7–10]. Kolor odbudowy utraconych tkanek zęba jest oprócz kształtu najważniejszym czynnikiem decydującym o sukcesie klinicznym rozpatrywanym w kategorii estetyki. Jak wspomniano, barwa materiału złożonego może się zmieniać już na etapie jego polimerizacji, zarówno w środowisku jamy ustnej, jak i poza nią. W ciągu użytkowania wypełnienia następuje dalsza zmiana jego koloru na skutek wnikania barwników w jego strukturę [11, 12].

Wiele negatywnych cech materiałów złożonych stosowanych w stomatologii odtwórczej wiązano z trudnością zachowania odpowiedniego reżimu aplikacji techniką bezpośrednią w środowisku jamy ustnej w warunkach klinicznych.

Badania prowadzone nad laboratoryjnymi materiałami złożonymi wskazują, że także te przeznaczone do zastosowań protetycznych z wykorzystaniem technik pośrednich charakteryzują się niewystarczającą stabilnością koloru i ulegają przebarwieniom [13–15].

Celem pracy było zbadanie, czy materiały złożone przeznaczone do stosowania w jamie ustnej

z wykorzystaniem techniki bezpośredniej oraz używane w warunkach laboratoryjnych do licowania prac protetycznych techniką pośrednią są podatne na absorpcję barwników spożywczych w środowisku wybranych napojów, tj. kawy i czerwonego wina, a także który z zastosowanych środków będzie powodować bardziej widoczną zmianę koloru badanych materiałów.

Materiał i metody

W badaniu wykorzystano 6 materiałów złożonych, w tym 3 są przeznaczone do wykonywania wypełnień technikami bezpośrednimi w stomatologii zachowawczej:

1) Charisma® firmy Heraeus-Kulzer (Niemcy), mikrohybrydowy, uniwersalny materiał do wypełnień w odcinku przednim i bocznym (kolor A3O),

2) Gradia Direct Anterior® firmy GC (Japonia), mikrohybrydowy materiał do estetycznych wypełnień w odcinku przednim (kolor A3O),

3) Herculite XRV® firmy Kerr (USA), mikrohybrydowy, uniwersalny materiał do wypełnień w odcinku przednim i bocznym (kolor A3 Dentin) oraz 3 przeznaczone do licowania koron protetycznych i mostów techniką pośrednią poza środowiskiem jamy ustnej na potrzeby protetyki stomatologicznej,

4) Signum® firmy Heraeus-Kulzer (Niemcy), materiał z mikrohybrydowym wypełniaczem, kolor A3 Dentin,

5) Gradia® firmy GC (Japonia), materiał z ceramicznym mikrowypełniaczem, kolor A3 Dentin,

6) Adoro® firmy Ivoclar Vivadent (Lichtenstein), materiał z mikrowypełniaczem, kolor A3 Dentin.

Materiały złożone wykorzystane w badaniu są przedstawione na ryc. 1.

Badany materiał umieszczano w matrycy teflonowej o 6 mm średnicy i 2 mm wysokości w celu uformowania dysków o ww. wymiarach. Materiały złożone przeznaczone do pracy techniką bezpośrednią, tj. Charisma, Gradia Direct i Herculite XRV, polimeryzowano przez 40 s światłem lampy halogenowej Astralis 7 (Ivoclar Vivadent) pracującej w trybie pulsacyjnym.

Materiały złożone przeznaczone do licowania prac protetycznych, tj. Signum, Gradia i Adoro, były polimeryzowane w komorze polimeryzacyjnej Visio Beta Vario® (ESPE), zgodnie z metodą przygotowania tego rodzaju prac. Czas naświetlania jednej próbki wynosił 15 min i odbywał się w warunkach próżni.

W opisany sposób przygotowano po 10 próbek każdego z badanych materiałów, które następ-



Adoro Dentin/Body A3	Ivoclar - Vivadent	
Gradia Dentin A3	GC	
Signum Dentin A3	Heraeus Kulzer	
Herculite XRV Dentin A3	Kerr	
Gradia Direct AO3	GC	
Charisma OA3	Heraeus Kulzer	

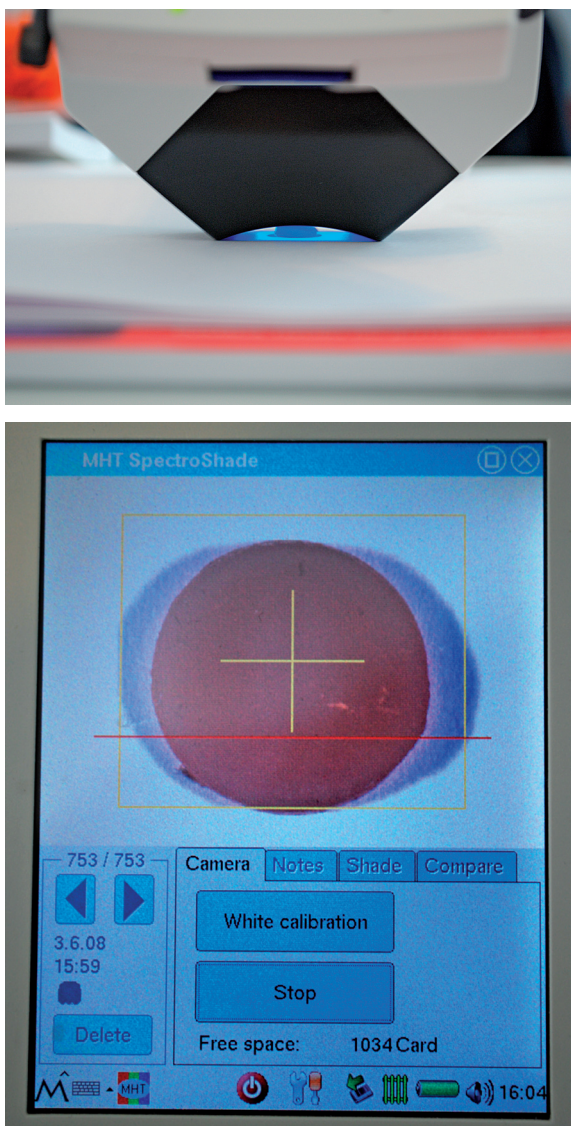
Ryc. 1. Materiały złożone wykorzystane w badaniu

Fig. 1. Composite materials assessed in the present study

nie ponumerowano i umieszczono w wodzie destylowanej o temperaturze pokojowej na 24 godz. w celu wypłukania monomerów reszkowych. Dyski z badanych materiałów złożonych zostały następnie osuszone strumieniem powietrza i poddane ocenie kolorymetrycznej za pomocą spektrofotometru Spectroshade (MHT, Włochy).

Analizę kolorymetryczną próbki materiału złożonego przedstawiono na ryc. 2.

Uzyskano wyniki w postaci zapisu koloru badanej próbki jako punktu w układzie CIE L*a*b*, opisanego przez 3 współrzędne liczbowe określające wskaźniki: jasności (L*), natężenia barw niebieskiej (-b*) i żółtej (+b*) oraz czerwonej (-a*) i zielonej (+a*). Następnie po 5 próbek każdego materiału umieszczono w naparze kawy (Nescafe Classic, Kraft Foods) lub czerwonym winie (Sutter Home CS, Winery Inc. California) o temperaturze 20°C na 24 godziny. Po tym czasie dyski z materiałów złożonych wyjęto z roztworów, spłukano strumieniem wody destylowanej, a następnie oczyszczono za pomocą szczoteczki profilaktycznej na kątnicę wolnoobrotową ze sprayem wodnym, po 30 s dla obu powierzchni próbki. Badane mate-



Ryc. 2. Analiza kolorymetryczna próbki materiału złożonego

Fig. 2. Colorimetric analysis of probe of composite material

riały ususzono i dokonano ponownych pomiarów kolorymetrycznych, uzyskując 3 wartości liczbowe opisujące kolor dla każdej z próbek. Obliczono zmiany parametrów opisujących barwę badanych materiałów, tj. ΔL^* , Δa^* , Δb^* oraz ΔE^* wyrażające całościową zmianę koloru badanej próbki materiału/grupy próbek wg wzoru:

$$\Delta E = \left((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right)^{1/2}$$

Uzyskane wyniki wprowadzono do arkusza programu kalkulacyjnego MS Excel i poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 6.0. Do zbadania istnienia związków między zmianą koloru badanych materiałów a rodzajem ich materiału lub zastosowanego barwnika spożywczego zastosowano m.in.

dwuczynnikową analizę wariancji z określeniem interakcji z testami Levene'a, Yukeya i t -Studenta, na poziomie ufności zwykle $p = 0,05$.

Wyniki

W badaniu zaobserwowano istotne zmiany kolorystyczne próbek materiałów złożonych stosowanych w bezpośrednich i pośrednich technikach aplikacji po poddaniu ich działaniu barwników spożywczych znajdujących się w kawie i czerwonym winie.

Inkubacja materiałów stosowanych w technikach bezpośredniej aplikacji w warunkach klinicznych (tj. Charisma, Herculite, Gradii Direct) w roztworze kawy spowodowała średni spadek jasności próbek o 10,09 punktu, wzrost nasycenia barwy czerwonej o 1,95 punktu i wzrost nasycenia barwy żółtej o 6,85 punktu. Sumaryczna zmiana koloru materiałów złożonych polecanych dla technik bezpośredniej aplikacji pod wpływem roztworu kawy, wyrażona średnią wartością ΔE^* , wynosiła 12,66 punktu.

Czerwone wino spowodowało średnie zmiany w kolorystyce powyższych materiałów wynoszące odpowiednio: $-11,39$ (ΔL^*), $1,52$ (Δa^*), $-6,63$ (Δb^*) i $13,47$ (ΔE^*) punktów.

Przechowywanie materiałów złożonych stosowanych w technikach pośredniej aplikacji w protetyce stomatologicznej (tj. Signum, Adoro i Gradii) w naparze kawy było przyczyną zmniejszenia się średniej jasności (ΔL^*) próbek o 6,61 punktu, wzrostu nasycenia barwy czerwonej (Δa^*) o 1,62 punktu i wzrostu intensywności barwy żółtej (Δb^*) na poziomie 5,98 punktu. W przypadku stosowania wina obserwowano spadek jasności materiałów (ΔL^*) na poziomie wynoszącym średnio 14,73 punktu, wzrost intensywności barwy czerwonej (Δa^*) o średnio 2,37 punktu i spadek wysycenia barwą żółtą (Δb^*) wynoszący średnio 7,35 punktu. Średnia wartość (ΔE^*) wyniosła odpowiednio 9,21 punktu dla kawy i 17,08 punktu dla wina.

Średnie zmniejszenie jasności materiału złożonego przechowywanego w kawie wynosiło (niezależnie od rodzaju materiału) 8,35 punktu, podczas gdy po inkubacji w winie przyjmował wartość $-13,06$ punktu.

Sumaryczna zmiana koloru (ΔE^*) dla obu badanych grup materiałów wynosiła średnio 10,93 dla materiałów przechowywanych w roztworze kawy i 15,27 dla materiałów poddanych działaniu wina.

Zestawienie średnich wartości ΔL^* , Δa^* , Δb^* oraz ΔE^* dla poszczególnych badanych materiałów złożonych w zależności od umieszczenia próbek w kawie lub winie przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Zestawienie średnich wartości ΔL^* , Δa^* , Δb^* oraz ΔE^* dla poszczególnych badanych materiałów złożonych w zależności od barwnika spożywczego**Table 1.** Mean values of ΔL^* , Δa^* , Δb^* and ΔE^* of investigated composite materials depending on food colorant

Materiał (Material)	Średnia zmiana koloru pod wpływem kawy (Mean colour change caused by coffee solution)				Średnia zmiana koloru pod wpływem wina (Mean colour change caused by red wine)			
	ΔL	Δa	Δb	ΔE	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Charisma	-10,80	1,44	6,64	13,25	-9,52	0,32	-5,56	11,23
Herculite	-10,98	3,48	8,36	14,29	-8,76	0,98	-4,38	9,92
Gradia Direct	-8,48	0,92	5,54	10,43	-15,88	3,26	-9,96	19,26
Signum	-6,32	2,38	6,52	9,42	-16,42	2,58	-9,56	19,29
Adoro	-7,16	2,08	5,12	9,19	-11,72	-0,46	-7,16	14,09
Gradia	-6,34	0,40	6,30	9,02	-16,04	4,98	-5,34	17,84

Analiza statystyczna wyników uzyskanych na podstawie pomiarów kolorymetrycznych próbek badanych grup materiałów złożonych, przeprowadzona na poziomie $p \leq 0,05$, wykazała następujące zależności:

a) stosowana w badaniu kawa powodowała istotnie większy spadek jasności (ΔL^*) i sumaryczną zmianę koloru (ΔE^*) materiałów stosowanych w technikach bezpośrednich (odpowiednio -10,09 i 12,66 punktu) w porównaniu z wartościami otrzymanymi dla materiałów przeznaczonych do pośredniej aplikacji (odpowiednio -6,61 i 9,21 punktu),

b) stosowane w badaniu czerwone wino powodowało istotnie większy spadek jasności i sumaryczną zmianę koloru (ΔE^*) badanych materiałów złożonych (odpowiednio -13,06 i 15,27 punktu) niż roztwór kawy (odpowiednio -8,35 i 10,93 punktu),

c) zmiana wielkości parametrów opisujących kolor badanych próbek była istotna dla każdego z badanych materiałów, niezależnie od stosowanego barwnika spożywczego.

Omówienie wyników i dyskusja

Miarą efektu zmiany koloru badanego przedmiotu jest wielkość sumarycznego przesunięcia kolorystycznego (ΔE^*), na którą wpływ mają zmiany poszczególnych komponentów opisujących kolor, tj. jasności (ΔL^*) oraz wysycenia barwami: zieloną/czerwoną (Δa^*) i niebieską/żółtą (Δb^*).

W piśmiennictwie są dostępne informacje wskazujące na silniejszy wpływ barwników zawartych w czerwonym winie w porównaniu z barwnikami znajdującymi się w roztworze kawy na zmianę kolorystyki materiałów złożonych stosowanych w stomatologii zachowawczej i protetyce stomatologicznej.

Istotnie większy wpływ czerwonego wina niż kawy na obniżenie jasności (ΔL^*) oraz zmianę koloru (ΔE^*) materiałów służących do odtwarzania brakujących tkanek zębów wykazali Stober et al. [15], badając w warunkach *in vitro* wpływ barwników zawartych w napojach na kolorystykę kompozytów służących do licowania uzupełnień protetycznych.

Podobną zależność obserwowali Guler et al. [16], Patel et al. [17], dokonując oceny materiałów złożonych służących do odbudowy bezpośredniej tkanek zęba w jamie ustnej po wybarwieniu próbek powyższymi napojami. Silniejszy wpływ na kolorystykę materiałów złożonych barwników zawartych w czerwonym winie w porównaniu z barwnikami zawartymi w kawie wykazali również Feltenmeier et al. [18], badając estetyczne zamki ortodontyczne wykonane z materiałów opartych na żywicach.

W obecnym badaniu teza o silniejszym wpływie barwników zawartych w winie na materiały złożone została potwierdzona dla sumarycznej oceny obu badanych grup materiałów oraz dla grupy materiałów stosowanych w protetyce stomatologicznej. Materiały złożone stosowane w stomatologii zachowawczej nie wykazywały takiej zależności, wybarwiając się w podobnym stopniu zarówno pod wpływem wina, jak i roztworu kawy.

Niestety, nie jest możliwe bezpośrednie porównanie wyników uzyskanych przez ww. autorów (Stober et al., Guler et al., Patel et al., Faltermeyer et al.) z wynikami uzyskanymi w obecnym badaniu z powodu odmiennych metod badawczych w odniesieniu do urządzeń pomiarowych, techniki przygotowania próbek i rodzaju materiałów złożonych wykorzystanych w testach.

W niniejszym badaniu obserwowano istotnie mniejsze; spadek jasności (ΔL^*) i zmianę koloru (ΔE^*) pod wpływem roztworu kawy (w porównaniu z barwieniem za pomocą wina) w grupie mate-

riałów złożonych stosowanych w protetyce stomatologicznej. Ponieważ materiały te charakteryzują się podobną budową chemiczną do używanych w stomatologii zachowawczej, wydaje się, że na ich większą podatność na zmianę barwy mógł mieć sposób polimeryzacji. Charisma, Herculite i Gradia Direct były polimeryzowane światłem halogenowej lampy operacyjnej w warunkach dostępu powietrza, a Signum, Adoro i Gradia w komorze polimeryzacyjnej w warunkach próżni. Istnieją badania wskazujące, iż sposób polimeryzacji materiałów złożonych odgrywa istotną rolę w stabilności ich barwy [19, 20]. Założenie to nie znajduje jednak potwierdzenia, jeśli weźmiemy pod uwagę wpływ barwników zawartych w winie na badane materiały. W tym przypadku obserwowano odwrotną zależność w odniesieniu do grupy badanych materiałów, tzn. wino powodowało większy spadek jasności materiałów złożonych stosowanych w protetyce stomatologicznej. Zagadnienie to wymaga więc dalszych badań.

Niezależnie od powyższych rozważań należy zwrócić uwagę, że wszystkie badane materiały złożone stosowane w stomatologii wykazywały dużą

podatność na absorpcję barwników spożywczych, a tym samym niestabilność koloru. Przyjmuje się, że graniczna wartość sumarycznej zmiany koloru (ΔE^*), określanej jako akceptowalna pod względem estetycznym i klinicznym, wynosi około 3,3 punktu [15, 21, 22]. W warunkach obecnego badania wszystkie materiały złożone, niezależnie od grupy oraz działającego na nie barwnika, znacznie przekroczyły tę wartość. Oczywiście, w środowisku jamy ustnej następuje oczyszczanie powierzchni wypełnień czy uzupełnień protetycznych podczas wykonywania zabiegów higienicznych, picia wody lub przepływu śliny. Zjawisko sorpcji barwników spożywczych przez materiały złożone zaobserwowane w warunkach *in vitro* budzi jednak niepokój i wskazuje na potrzebę poprawy właściwości estetycznych tak popularnej obecnie grupy materiałów stomatologicznych.

Podsumowując, należy stwierdzić, że badane napoje barwne, tj. kawa i wino, powodują istotną zmianę koloru (ΔE) materiałów złożonych w warunkach *in vitro*, przy czym wino powoduje silniejszą zmianę koloru niż roztwór kawy.

Piśmiennictwo

- [1] FLOYD C.J.E., DICKENS S.H.: Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dent. Mater.* 2006, 22, 1143–1149.
- [2] KHATRIA C.A., STANSBURY J.W., SCHULTHEISZ C.R., ANTONUCCI J.M.: Synthesis, characterization and evaluation of urethane derivatives of Bis-GMA. *Dent. Mater.* 2003, 19, 584–588.
- [3] CRAIG R.: Materiały stomatologiczne. Wyd. Elsevier Urban and Partner, Wrocław 2008.
- [4] PARK Y.J., CHAE K.H., RAWLS H.R.: Development of the new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. *Dent. Mater.* 1999, 15, 120–127.
- [5] STANSBURY J.W.: Curing dental resins and composites by photopolymerization. *J. Esthet. Restorat. Dent.* 2007, 12, 300–308.
- [6] JODKOWSKA E.: Potencjał cytotoksyczny stomatologicznych materiałów wypełnieniowych i nadtlenu wodoru. Wyd. Czelej. Lublin 2008.
- [7] KRAMER A., NETUSCHIL L., SIMONIE A.: Plaque accumulation on various veneering resins – a clinical study. *Dtsch. Zahnarzt Z.* 1990, 45, 482–484.
- [8] ROSENTRITT M., ESCH J., BEHR M., LEIBROCK A., HANDEL G.: *In vivo* color stability of resin composite veneers and acrylic resin teeth in removable partial dentures. *Quintess. Int.* 1998, 29, 517–522.
- [9] GUPTA R., PARKASH H., SHAH N., JAIN V.: A spectrophotometric evaluation of color changes of various tooth colored veneering materials after exposure to commonly consumed beverages. *J. Indian Prosthodont. Soc.* 2005, 5, 72–78.
- [10] LUIZ B., AMBONI R., PRATES L.H., BERTOLINO J.R., PIRES A.: Influence of drinks on resin composite: Evaluation of degree of cure and color change parameters. *Pol. Test.* 2007, 26, 438–444.
- [11] LEE Y.-K., LIM B.-S., RHEE S.-H., YANG H.-C., POWERS J.M.: Changes of optical properties of dental nano-filled resin composites after curing and thermocycling. *Biomed. Mater. Res.* 2004, 71B, 16–21.
- [12] LEE Y.-K., POWERS J.M.: Discoloration of dental resin composites after immersion in a series of organic and chemical solutions. *J. Biomed. Mater. Res.* 2005, 73B, 361–367.
- [13] DOUGLAS R.D.: Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J. Prosthet. Dent.* 2000, 25, 251–258.
- [14] SETZ J., ENGEL E.: *In vivo* color stability of resin-veneered telescopic dentures: A double blind pilot study. *J. Prosthet. Dent.* 1997, 77, 486–491.
- [15] STÖBER T., GILDE H., LENZ P.: Color stability of highly filled material for facings. *Dent. Mater.* 2001, 17, 87–94.
- [16] GÜLER A.U., YILMAZ F., KULUNK T., GÜLER E., KURT S.: Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J. Prosthet. Dent.* 2005, 94, 118–124.
- [17] PATEL S.B., GORDAN V.V., BARRETT A.A., SHEN CH.: The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J. Am. Dent. Assoc.* 2004, 135, 587–594.

- [18] FALTERMEIER A., BEHR M., MÜSSIG D.: *In vitro* color stability of aesthetic brackets. Eur. J. Orthod. 2007, 29, 354–358.
- [19] JANDA R., ROULET J.F., KAMINSKY M., STEFFIN G., LATTA M.: Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. Eur. J. Oral Sci. 2004, 112, 280–285.
- [20] SCHULZE K., MARSCHALL S.J., GANSKY S.A., MARSCHALL G.W.: Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. Dent. Mater. 2003, 19, 612–619.
- [21] RUYTER I.E., NILNER K., MOLLER B.: Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent. Mater. 1987, 3, 246–251.
- [22] MAZUR-KOCZOROWSKA A.: Badania trwałości koloru wybranych estetycznych materiałów kompozytowych w warunkach *in vitro*. Praca doktorska, Akademia Medyczna w Poznaniu 2006.

Adres do korespondencji:

Konrad Małkiewicz
Zakład Stomatologii Zachowawczej WUM
ul. Miodowa 18
00-246 Warszawa
e-mail: 4konrad@interia.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 1.07.2010 r.
Po recenzji: 23.02.2011 r.
Zaakceptowano do druku: 20.04.2011 r.

Received: 1.07.2010
Revised: 23.02.2011
Accepted: 20.04.2011