

## Spectrophotometric evaluation of three-layered acrylic teeth discoloration caused by selected food dyes – *in vitro* study

### Spektrofotometryczna ocena przebarwień trójwarstwowych zębów akrylowych wywołanych wybranymi barwnikami spożywczymi – badanie *in vitro*

Magdalena Barzyk, Natalia Grychowska, Włodzimierz Więckiewicz

Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Polska  
Department of Dental Prosthetics, Medical University in Wrocław, Poland  
Head: prof. W. Więckiewicz

#### Abstract

**Introduction.** The overall aesthetic result in the use of removable prostheses is correlated with a type of artificial teeth and their ability to maintain aesthetics and colour stability. The issue of the influence of food on acrylic teeth structure and degree of its discoloration over time is an interesting research problem. **Aim of the study.** To evaluate the formation and intensity of discoloration of three-layered acrylic teeth caused by food dyes from tested solutions. **Methods.** The study material consisted of a group of 90 three-layered acrylic teeth. Samples were immersed in black tea and dry red wine for six months. The control group was immersed in distilled water and consisted of 30 samples of three-layered acrylic teeth. The teeth were subjected to spectrophotometric examination at baseline, after 24 hours, 7 days, 14 days, 1 month, 4 months and 6 months. **Results.** Three-layered acrylic teeth changed the shade following immersion in black tea for six months. Changes in the brightness of teeth samples submerged in red wine appeared on the second spectrophotometric examination and continued in subsequent assessments. In the control group, over time there was systematic shift of the shades to group D. There were also individual brightness shifts towards brighter shades but there were slightly larger shifts towards darker ones. **Conclusion.** Three-layered acrylic teeth are subject to discoloration. Both black tea and red wine induce colour changes, more intense for the latter substance.

#### Streszczenie

**Wstęp.** Ogólny rezultat estetyczny w leczeniu z zastosowaniem protez ruchomych jest skorelowany z rodzajem użytych zębów sztucznych oraz ze zdolnością do utrzymania przez nie efektu estetycznego i stabilności koloru. Zagadnienie wpływu barwników spożywczych na strukturę i stopień przebarwienia obecnie używanych zębów akrylowych stanowi interesujący problem badawczy. **Cel pracy.** Celem była ocena powstawania i intensywności przebarwień akrylowych zębów trójwarstwowych wywołanych barwnikami spożywczymi z badanych roztworów. **Materiał i metody.** Materiał do badań stanowiła grupa 90 trójwarstwowych zębów akrylowych. Próbkę zostały poddane immersji w czarnej herbacie i czerwonym winie wytrawnym przez 6 miesięcy. Grupę kontrolną stanowiło 30 próbek zanurzonych w wodzie destylowanej. Zęby poddano następnie badaniu spektrofotometrycznemu, tzn. w chwili rozpoczęcia badania, po 24 h, po 7 dniach, po 14 dniach, po 1 miesiącu, po 4 miesiącach i po 6 miesiącach. **Wyniki.** Zęby akrylowe trójwarstwowe w wyniku zanurzenia w czarnej herbacie przez 6 miesięcy zmieniły odcień. Zmiany jasności próbek zanurzonych w winie czerwonym pojawiły się już podczas drugiego pomiaru spektrofotometrycznego i postępowały w trakcie kolejnych pomiarów. W grupie kontrolnej odnotowano niewielkie systematyczne przesunięcie tonacji w kierunku odcieni z grupy D. Odnotowano również jednostkowe zmiany jasności

#### KEYWORDS:

three-layered artificial teeth, acrylic resin, teeth discoloration, spectrophotometry

#### HASŁA INDEKSOWE:

trójwarstwowe zęby sztuczne, tworzywo akrylowe, przebarwienie zębów, spektrofotometria

## Introduction

The overall aesthetic result in the use of removable prostheses is correlated with the type of artificial teeth and their ability to maintain aesthetic effect and colour stability. Colour stability, i.e. colour preservation in a specific environment, is an important attribute of many materials used in dentistry. Although the aesthetics of the prosthetic restoration does not play a significant role from the physiological point of view, it can decisively facilitate its acceptance by the patient.<sup>1-13</sup>

The perception of tooth colour is a complex phenomenon and depends on many factors such as lighting conditions, transparency of the object in question, light scattering, gloss and the influence of the human eye and brain on the overall perception of colour. The following determinants provide aesthetics in reconstructive dentistry: position, contour, texture and tooth colour.<sup>14</sup> The basic conditions of perception is the so-called colour triad, which is created by the light source, the object, and the observer.<sup>6,12,14</sup> The perception of tooth colour is also influenced by their translocation, fluorescence, opalescence, metamerism, surface structure, gloss, shape, size, location of the tooth and the degree of its dehydration.

Discoloration of artificial teeth is a change in the colour, its translucency or saturation. The etiology of colour change of acrylic teeth can be multifactorial. The internal factors include the degree of conversion and the amount of residual monomer. Another possible source of colour change is porosity. Colour stability of acrylic teeth is associated with the capture of food dyes. It has been reported that some drinks (coffee, tea, wine), cleaning agents, tobacco, saliva composition, and hygiene habits can cause discoloration.<sup>15,16</sup> Due to the problem of teeth colour selection, its durability and resistance to discoloration, the impact of

w kierunku odcieni jaśniejszych, jednak nieco większe w kierunku ciemniejszych. **Wnioski.** Zęby akrylowe o trójwarstwowej strukturze ulegają dyskoloracji pod wpływem roztworów czarnej herbaty i czerwonego wina, jednak intensywniej w przypadku czerwonego wina.

## Wstęp

Ogólny rezultat estetyczny w leczeniu z zastosowaniem protez ruchomych jest skorelowany z rodzajem użytych zębów sztucznych oraz ze zdolnością do zapewnienia przez nie efektu estetycznego i stabilności koloru. Stabilność koloru, czyli zachowywanie swojej barwy w określonym środowisku, jest ważną cechą wielu materiałów stosowanych w stomatologii. Mimo, iż estetyka uzupełnienia protetycznego nie odgrywa istotnej roli z fizjologicznego punktu widzenia, może w decydujący sposób ułatwić jego akceptację przez pacjenta.<sup>1-13</sup>

Postrzeganie koloru zębów jest zjawiskiem złożonym i zależy od wielu czynników, takich jak warunki oświetlenia, przezierność obserwowanego obiektu, rozpraszanie światła, połysk oraz wpływ ludzkiego oka i mózgu na ogólną percepcję koloru. Zapewnienie estetyki w stomatologii rekonstrukcyjnej bazuje na następujących determinantach: pozycji, konturze, teksturze oraz kolorze zęba<sup>14</sup>. Podstawowymi warunkami percepcji jest tzw. triada koloru, którą tworzą źródło światła, obiekt i obserwator<sup>6, 12, 14</sup>. Na percepcję koloru zębów wpływa również ich translucencja, fluorescencja, opalescencja, metameryzm, struktura powierzchni, połysk, kształt, rozmiar, położenie zęba oraz stopień jego dehydratacji.

Przebarwienia zębów sztucznych to zmiana w barwie, przezierności lub nasyceniu koloru. Etiologia zmiany koloru zębów akrylowych może być wieloczynnikowa. Do czynników wewnętrznych zaliczymy stopień konwersji i ilość resztkowego monomeru. Innym możliwym źródłem zmiany koloru jest porowatość. Stabilność kolorów zębów akrylowych jest związana z wychwytywaniem barwników z pożywienia. Donoszono, że niektóre napoje, takie jak kawa, herbata, wino oraz wpływ środków czyszczących, tytoniu, skład

food colourings on the structure of currently used acrylic teeth is an interesting research problem.

The aim of the study was to investigate the influence of dyes present in selected drinks on the formation and intensity of discoloration of acrylic three-layered teeth. The null hypothesis presented in the study assumed no effect of dyes on the colour of the examined teeth.

## Material and methods

The tested material consisted of a group of 90 ready-made three-layered acrylic teeth (upper central incisors) in B3 colour, according to information provided by the manufacturer. The tested material was divided into three equal groups (30 samples in each one): group 1 – samples immersed in distilled water as a control group, group 2 – samples immersed in black tea, and group 3 – samples immersed in dry red wine. Each specimen was marked individually by engraving a number from 1 to 30 in each tested group on the side of the acrylic tooth, which allowed researchers to obtain fully repeatable measurements.

The tea solution was obtained by immersing five pre-packaged black tea bags weighing 2 g each in 1000 ml of boiling distilled water for ten minutes. After cooling to 37°C, the experimental solution was filtered through a filter paper.<sup>17</sup> Dry red wine was a randomly selected and constituted ready-made test fluid. The sample material was immersed for six months in the fluids and stored in closed containers at room temperature (22-24°C) in the absence of light. During the six-month study period, seven spectrophotometric measurements of tooth discoloration were made: at the beginning of the study, after 24 hours, after 7 days, after 14 days, after 1 month, after 4 months, and after 6 months.

The SpectroShade Micro spectrophotometer (MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland) was used for the objective assessment of the degree of discoloration, which allowed analysis with reference to a standard determined according to the VITAPAN Classical colourant (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany). The spectrophotometer calibration was two-stage and included the positioning of the handle for

śliny, nawyki higieniczne mogą powodować ich przebarwienia.<sup>15,16</sup> Z uwagi na problem doboru koloru zębów i trwałości ich barwy oraz odporności na przebarwienia, zagadnienie wpływu barwników spożywczych na strukturę i stopień przebarwienia obecnie używanych zębów akrylowych stanowi interesujący problem badawczy.

Celem pracy było zbadanie wpływu barwników obecnych w wybranych napojach na powstawanie i intensywność przebarwień zębów trójwarstwowych akrylowych. Hipoteza zerowa stawiana w badaniu zakładała brak wpływu barwników na kolor badanych zębów.

## Material i metody

Materiał badawczy stanowiła grupa 90 prefabrykowanych trójwarstwowych zębów akrylowych siecznych przyśrodkowych szczęki w kolorze B3 (według informacji podanej przez producenta). Materiał badawczy podzielono na trzy równe grupy (po 30 sztuk każda): grupa (1) – próbki zanurzone w wodzie destylowanej stanowiące grupę kontrolną, grupa (2) – próbki zanurzone w roztworze czarnej herbaty, grupa (3) – próbki zanurzone w czerwonym winie wytrawnym. Każda próbka została oznaczona indywidualnie przez wygrawerowanie na dowyrostkowej stronie zęba akrylowego numeru od 1 do 30 w każdej grupie badawczej, co pozwoliło na uzyskanie w pełni powtarzalnych pomiarów.

Roztwór herbaty uzyskano przez zanurzenie pięciu prefabrykowanych torebek herbaty czarnej o wadze 2 g każda w 1000 ml wrzącej wody destylowanej przez 10 minut. Po schłodzeniu do temperatury 37°C roztwór doświadczalny przesączono przez bibułę filtracyjną.<sup>17</sup> Preparatem z czerwonego wina wytrawnego było losowo wybrane wino, stanowiące gotowy płyn. Materiał został zanurzony w podanych płynach na 6 miesięcy i przechowywany zamkniętych pojemnikach w temperaturze pokojowej (22-24°C), bez dostępu światła. W przeciągu sześciomiesięcznego okresu badawczego łącznie dokonano siedem pomiarów stopnia przebarwień zębów. Pomiaru były dokonywane: w chwili rozpoczęcia badania, po 24 godzinach, po 7 dniach, po 14 dniach, po 1 miesiącu, po 4 miesiącach i po 6 miesiącach.

white and green tiles. The system analyzed three basic components of colour: brightness, saturation and colour. The following were also analyzed: transparency and transluminescence, base colours, component colours, and a full colour map of the tooth was performed. The device allowed researchers to obtain results by placing the analyzed tooth in a specific position on the device display. Every single time, the measurement of each sample was performed three times on a black matte background using intraoral attachments provided by the manufacturer, imitating conditions similar to clinical situations. The particular colour designations were assigned as numbers from "1" to "16" to indicate decreasing brightness according to the VITAPAN Classical shade guide.

The analysis of the results was performed using the STATISTICA PL Version 12, Tulsa, Oklahoma, USA. Descriptive statistics and non-parametric tests of Chi<sup>2</sup> Pearson and Chi<sup>2</sup> NW were used to analyze qualitative data. For quantitative data analysis, parametric t-tests and a reasonable RAS Tukey's difference test were made. Normal distribution of variables was tested using Shapiro-Wilk's and Levene's tests. The significance level was set at  $\alpha = 0.05$ .

## Results

### *1. Change in the colour of the three-layered acrylic teeth subjected to the effect of particular tested solutions*

#### **1.1 Colour change in distilled water**

At the beginning of the experiment the control group was characterized by a large variety of colours. A3 colour was the most frequent (53.33%), then D3 (21.11%), A2 and C2 (11.11% each), the smallest percentage was noted for C3 (2.22%) and A3.5 (1.11%) colours. The B3 colour, although declared by the manufacturer, has not been observed. A statistically significant change in colour occurred after four and six months ( $p=0.036315$  and  $p=0.001514$ , respectively). After four months of the experiment, thirteen samples turned darker and one brighter. During the next stages of the experiment, the colour of teeth changed to a slightly darker, but these changes were not statistically significant. The changes in

Do obiektywnej oceny stopnia przebarwień został wykorzystany spektrofotometr SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, Szwajcaria), który umożliwił analizę w odniesieniu do wzorca ustalonego według kolornika VITAPAN Classical (Vita Zahnfabric, Bad Säckingen, Niemcy). Kalibracja spektrofotometru była dwuetapowa i obejmowała pozycjonowanie rękojeści do białych i zielonych płytek. System analizował trzy podstawowe składowe koloru: jasność, nasycenie i barwę. Analizowane były również: transparentcja i transluminescencja, kolory bazowe, kolory składowe oraz wykonana była pełna mapa kolorystyczna zęba. Urządzenie pozwalało uzyskać powtarzalne wyniki poprzez umieszczenie analizowanego zęba w określonej pozycji na wyświetlaczu urządzenia. Pomiar każdej próbki za każdym razem, był dokonywany trzykrotnie na czarnym, matowym tle z użyciem nasadek wewnętrznych dostarczonych przez producenta. Zabieg ten pozwolił upodobnić warunki podczas dokonywania pomiarów do warunków, jakie istnieją w sytuacji klinicznej. Poszczególne oznaczeniom kolorów przypisano liczbę z zakresu 1-16 zgodnie ze zmniejszającą się jasnością ustaloną według kolornika VITAPAN Classical.

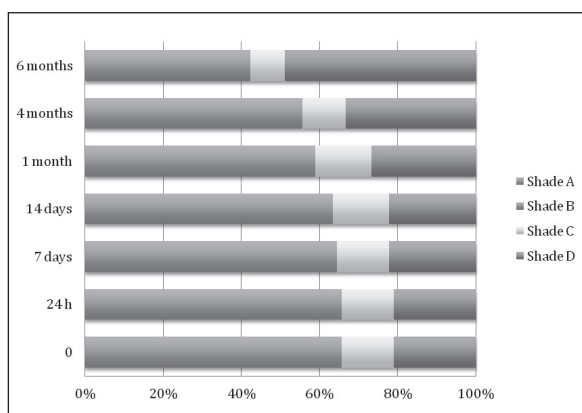
Podczas analizy statystycznej posłużono się programem STATISTICA PL Wersja 12, Tulsa, Oklahoma, USA. Do analizy danych jakościowych wykorzystano statystykę opisową oraz testy nieparametryczne Chi<sup>2</sup> Pearsona oraz Chi<sup>2</sup> NW. Do analizy danych ilościowych testy parametryczne t-Studenta oraz test rozsądnej istotnej różnicy RIR Tukeya. Normalność rozkładu zmiennych testowano za pomocą testów Shapiro-Wilka oraz Levene'a. Przyjęto poziom istotności  $\alpha=0,05$ .

## Wyniki

### *1. Zmiana koloru trójwarstwowych zębów akrylowych pod wpływem poszczególnych roztworów badawczych*

#### **1.1 Zmiana koloru w wodzie destylowanej**

Grupa kontrolna w momencie rozpoczęcia doświadczenia cechowała się dużą różnorodnością kolorystyczną. Najczęściej rejestrowano kolor A3 (53,33%), następnie D3 (21,11%) i kolory A2 oraz



**Fig. 1.** The percentages of shades in distilled water at particular stages of the experiment.

Zmiany procentowe odcieni w wodzie destylowanej na poszczególnych etapach doświadczenia.

the brightness of samples immersed in distilled water during the experiment are shown in Table 1. The percentage share of shades at particular stages of the experiment is shown in Figure 1.

## 1.2 Colour change in black tea

Initially, the B3 colour declared by the manufacturer was not recorded at all. The most frequently recorded colours were A3 (44.44%) and D3 (38.89%), followed by A2 (5.56%) and C2 (6.67%); C3 and A3 (22% each) accounted for the smallest percentage. After 24 hours, nine samples changed colour to lighter, and twenty to darker. These changes were statistically significant ( $p > 0.05$ ). The most common shade was A3 (37.78%), followed by D3 (24.44%), A3.5 (21.11%), C2 (10.00%) A2 and C3 (3.33% each). After 7 days, the most common colours were A3.5 (41.11%) and A3 (29%), followed by C2 (16.67%), C3 (5.56%), D3 (3.33%) and D1 (1.11%). After 14 days, the percentage of samples in shade C3 increased (11.11%), while the percentage share of samples in A3 (27.78%) and A3.5 (40%) decreased. After a month, the percentages of C2 (17.78%), C3 (15.56%), and D3 (3.33%) increased. However, the number of samples in colour A3.5 (35.56%) and A3 (24.44%) decreased. After 6 months in comparison with previous colour assessments, the shade A4 (31.11%) appeared, which was the

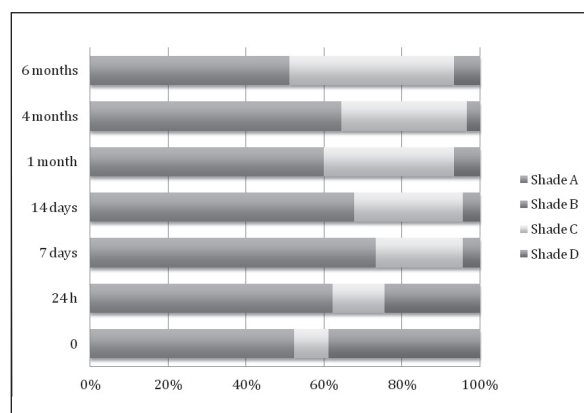
**Table 1.** Colour changes in distilled water

Time	No change	Brighter	Darker
24 h	90	0	0
7 days	88	0	2
14 days	87	1	2
1 month	83	1	6
4 months	76	1	13
6 months	76	1	13

C2 (każdy po 11,11%), najmniejszy odsetek stanowiły kolory C3 (2,22%) i A3,5 (1,11%). Nie odnotowano koloru B3 deklarowanego przez producenta. Istotna statystycznie zmiana koloru wystąpiła po 4 i 6 miesiącach (odpowiednio:  $p = 0,036315$ ,  $p = 0,001514$ ). Po 4 miesiącach, 13 zębów zmieniło kolor na ciemniejszy, a jedna próbka na jaśniejszy. Na pozostałych etapach eksperymentu najczęściej zmieniał się kolor na nieco ciemniejszy, jednak zmiany te nie były istotne statystycznie. Zmiany jasności próbek zanurzonych w wodzie destylowanej w trakcie trwania eksperymentu przedstawia tabela 1. Procentowy udział odcieni na poszczególnych etapach doświadczenia przedstawia rycina 1.

## 1.2 Zmiana koloru w czarnej herbacie

W momencie rozpoczęcia doświadczenia w grupie poddawanej immersji w czarnej herbacie nie odnotowano koloru B3 deklarowanego przez producenta. Najczęściej rejestrowano kolor A3 (44,44%) i D3 (38,89%), następnie kolory A2 (5,56%) oraz C2 (6,67%), najmniejszy odsetek stanowiły C3 i A3,5 (każdy po 2,22%). Po 24 godzinach 9 próbek zmieniło kolor na jaśniejszy, zaś 20 na ciemniejszy. Zmiany te były istotne statystycznie ( $p > 0,05$ ). Najczęściej występującym odcieniem był A3 (37,78%), a następnie D3 (24,44%), A3,5 (21,11%), C2 (10,00%) i A2 oraz C3 (oba po 3,33%). Po 7 dniach najczęściej pojawiał się kolor A3,5 (41,11%) oraz A3 (29%), a następnie kolejno C2 (16,67%), C3 (5,56%), D3 (3,33%) oraz D1 (1,11%). Po 14 dniach zwiększył się odse-



**Fig. 2.** The percentages of shades in black tea at particular stages of the experiment.

Zmiany procentowe odcieni w czarnej herbacie na poszczególnych etapach doświadczenia.

largest percentage in this group at this stage of the experiment. C4 colour (13.33%) also appeared. The shades A3.5 (18.89%), C2 (11.11%) and A3 (1.11%) decreased their percentages, while the amount of samples in C3 (17.78%) and D3 (6.67%) increased. The changes in the brightness of samples immersed in black tea solution during the experiment are shown in Table 2. The percentage share of shades at particular stages of the experiment is shown in Figure 2.

### 1.2 Colour change in red wine

At the beginning of the experiment, again the group was characterized by a large variety of colours. The B3 colour, declared by the manufacturer, has not been observed. A3 (65.56%) and D3 (26.67%) shades were most frequently recorded, followed by A2 (3.33%), C2 and C3 (2.22% each). After 24 hours, the A2 colour disappeared when compared with the previous measurement, while the percentage of A3 (17.78%) decreased significantly. The percentage of D3 (72.22%) and C3 (7.78%) shades increased. After 7 days, the A3.5 colour appeared (1.11%), while the percentage of A3 (1.11%) continued to decrease significantly in comparison with the previous measurement. The percentages of D3 (75.56%) and C3 (22.22%) colours increased. After 14 days another colour – C4 appeared (2.22%), while D3 (55.56%) decreased in comparison with

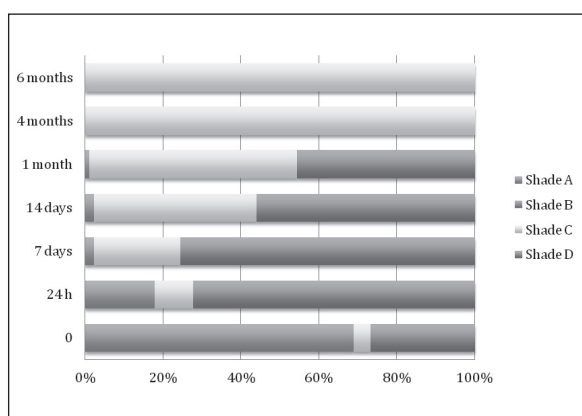
**Table 2.** Colour changes in black tea

Time	No change	Brighter	Darker
24 h	61	9	20
7 days	25	21	44
14 days	24	19	47
1 month	20	22	48
4 months	17	19	54
6 months	5	6	77

tek próbek w odcieniu C3 (11,11%), jednocześnie zmniejszając procentowy udział próbek w kolorze A3 (27,78%) i A3,5 (40%). Po miesiącu zwiększył się udział procentowy odcieni C2 (17,78%) i C3 (15,56%) oraz D3 (3,33%). Zmniejszyła się natomiast liczba próbek w kolorze A3,5 (35,56%) i A3 (24,44%). Po 6 miesiącach w odniesieniu do poprzedniego pomiaru koloru pojawił się odcień A4 (31,11%), stanowiąc największy odsetek w tej grupie na tym etapie doświadczenia, oraz kolor C4 (13,33%). Kolory A3,5 (18,89%), C2 (11,11%) i A3 (1,11%) zmniejszyły swój udział procentowy, zaś zwiększył się odsetek kolorów C3 (17,78%) i D3 (6,67%). Zmiany jasności próbek zanurzonych w roztworze czarnej herbaty w trakcie trwania eksperymentu przedstawia tabela 2. Procentowy udział odcieni na poszczególnych etapach doświadczenia przedstawia rycina 2.

### 1.3 Zmiana koloru w czerwonym winie

W momencie rozpoczęcia doświadczenia grupa ponownie cechowała się dużą różnorodnością kolorystyczną. Nie odnotowano koloru B3 deklarowanego przez producenta. Najczęściej rejestrowano kolor A3 (65,56%) i D3 (26,67%), następnie kolory A2 (3,33%), C2 oraz C3 (każdy 2,22%). Po 24 godzinach w porównaniu z poprzednim pomiarem zanikł kolor A2, zaś odsetek A3 (17,78%) znacząco spadł. Procentowy udział odcieni D3 (72,22%) i C3 (7,78%) wzrastał. Po 7 dniach pojawił się kolor A3,5 (1,11%), zaś odsetek A3 (1,11%) nadal znacząco spadał w porównaniu z poprzednim pomiarem. Procentowy



**Fig. 3.** The percentages of shades in red wine at particular stages of the experiment.

Zmiany procentowe odcieni w czerwonym winie na poszczególnych etapach doświadczenia.

the previous measurement, and the percentage of C3 colour (38.89%) increased.

After 1 month, D4 and A4 colours appeared (1.11% each) and the percentage of D3 colour (44.47%) decreased; the percentage of C3 colour (47.78%) increased. After 4 months, only two colours were recorded in the C tone, i.e. C3 (22.22%) and C4 (77.78%); likewise, in the 6<sup>th</sup> month of the study – C3 (8.89%) and C4 (91.11%). The changes in the brightness of samples immersed in red wine solution during the experiment are presented in Table 3. The percentage share of shades at particular stages of the experiment is shown in Figure 3.

## 2. Comparison of discoloration intensity of three-layered acrylic teeth depending on the tested solution

Initially, three-layered teeth did not differ in terms of the degree of brightness between the three groups depending on the tested fluid ( $p > 0.05$ ). After 24 hours, the influence of distilled water was significantly smaller than the influence of tea and wine ( $p < 0.05$ ), in addition, the samples immersed in tea and wine did not differ statistically ( $p > 0.05$ ). In the next stages of the experiment, colour changes induced by particular fluids differed significantly ( $p < 0.05$ ) – the smallest for water, and the greatest for wine.

**Table 3.** Colour changes in red wine

Time	No change	Brighter	Darker
24 h	38	2	50
7 days	19	0	71
14 days	13	1	76
1 month	10	2	78
4 months	0	0	90
6 months	0	0	90

udział kolorów D3 (75,56%) i C3 (22,22%) wzrastał. Po 14 dniach pojawił się kolejny kolor C4 (2,22%), zaś D3 (55,56%) spadał w porównaniu z poprzednim pomiarem, procentowy udział koloru C3 (38,89%) wzrastał. Po 1 miesiącu pojawiły się kolejne kolory D4 i A4 (po 1,11%) zaś odsetek koloru D3 (44,47%) spadł, procentowy udział koloru C3 (47,78%) wzrastał. Po 4 miesiącach odnotowane zostały tylko dwa kolory w tonacji C, tj. C3 (22,22%) i C4 (77,78%). Podobnie w 6 miesiącu badania – C3 (8,89%) i C4 (91,11%). Zmiany jasności próbek zanurzonych w roztworze czerwonego wina w trakcie trwania eksperymentu przedstawia tabela 3. Procentowy udział odcieni na poszczególnych etapach doświadczenia przedstawia rycina 3.

## 2. Porównanie intensywności wywoływania przebarwień trójwarstwowych zębów akrylowych w zależności od badanego roztworu

Na etapie początkowym zęby trójwarstwowe nie różniły się pod względem stopnia jasności koloru między poszczególnymi grupami w zależności od zastosowanego płynu ( $p > 0,05$ ). Po 24 godzinach wpływ wody destylowanej był istotnie mniejszy niż wpływ herbaty i wina ( $p < 0,05$ ), dodatkowo próbki zanurzone w herbacie i winie nie różniły się statystycznie ( $p > 0,05$ ). Na pozostałych etapach zmiany koloru wywoływane poszczególnymi roztworami różnił się istotnie ( $p < 0,05$ ) – dla wody najmniejsze, a wina największe.

## Discussion

The change in the colour of prosthetic restorations is common and leads to decrease of aesthetics. As a result, it often has to be replaced. Discoloration of dental materials, including acrylic teeth used in removable dentures, can be assessed visually or using instrumental techniques. The visual methods of colour registration are considered subjective and burdened with a considerable mistake. Colour evaluation using a spectrophotometer, or other instrumental systems, gives objective measurements and is considered as a recommended and appropriate method.<sup>16-19</sup> According to the manufacturer's description, three-layered acrylic teeth with a cross-linking agent offer excellent aesthetics, taking into account the smallest anatomical details and lasting colour stability. They are resistant to abrasion and perfectly combine with the prosthesis plate. The study material was a group of 90 three-layered acrylic teeth. The samples were immersed in liquids of black tea and dry red wine for 6 months. The control group was immersed in distilled water and consisted of 30 samples of three-layered acrylic teeth. At the start of the experiment, teeth were characterized by a large variety of colours. There was also a complete discrepancy between the registered initial colour and the colour given by the manufacturer. Changes in the brightness of samples of three-layered teeth immersed in tea started to appear on the second colour assessment and progressed during the study. There were changes in the direction of both lighter and darker shades. From the 7<sup>th</sup> day to the 4<sup>th</sup> month the changes were stable. The highest percentage of changes to a darker shade was recorded after 6 months. Three-layered acrylic teeth as a result of immersion in black tea for a period of 6 months changed the shade. Until the 7<sup>th</sup> day of observation, the number of samples in shades from groups A and C comparatively increased. The largest changes in the C colour tone were observed from the 14<sup>th</sup> day to the 6<sup>th</sup> month of the experiment. Changes in the brightness of samples of three-layered teeth immersed in red wine appeared as of the second colour measurement and continued during subsequent measurements. Individual changes towards brighter and more

## Dyskusja

Zmiana zabarwienia uzupełnień protetycznych jest powszechna i prowadzi do pogorszenia estetyki prac stomatologicznych, czego skutkiem jest ich wymiana. Przebarwienia materiałów stomatologicznych, w tym zębów akrylowych stosowanych w protezach ruchomych mogą być oceniane wizualnie lub za pomocą technik instrumentalnych. Metody wizualne rejestracji koloru uznawane są za subiektywne i obarczone dużym błędem. Ocena koloru przy użyciu spektrofotometru lub innych systemów instrumentalnych daje obiektywne pomiary i jest uważana za metodę polecaną i właściwą<sup>16-19</sup>. Według opisu producenta trójwarstwowe zęby akrylowe z czynnikiem sieciującym oferują doskonałą estetykę z uwzględnieniem najdrobniejszych szczegółów anatomicznych i trwałą stabilność koloru. Są odporne na ścieranie i doskonale łączą się z płytą protezy. Materiał do badań stanowiła grupa 90 trójwarstwowych zębów akrylowych. Próbkę zostały poddane immersji w płynach spożywczych: czarnej herbacie i czerwonym winie wytrawnym przez 6 miesięcy. Grupę kontrolną zanurzoną w wodzie destylowanej stanowiło 30 próbek zębów akrylowych trójwarstwowych. W momencie rozpoczęcia doświadczenia zęby trójwarstwowe cechowały się dużą różnorodnością kolorystyczną. Wystąpiła również zupełna rozbieżność między zarejestrowanym kolorem początkowym a kolorem podanym przez producenta. Zmiany jasności próbek zębów trójwarstwowych zanurzonych w herbacie pojawiały się już od drugiego pomiaru koloru i postępowały w trakcie trwania badań. Odnotowano zmiany zarówno w kierunku jaśniejszych, jak i ciemniejszych odcieni. Od 7 dnia do 4 miesiąca zmiany były stabilne. Największy odsetek zmiany na odcień ciemniejszy odnotowano po 6 miesiącach. Zęby akrylowe trójwarstwowe w wyniku zanurzenia w czarnej herbacie przez 6 miesięcy zmieniały odcień. Do 7 dnia obserwacji porównywalnie wzrastała liczba próbek w odcieniach z grupy A i C. Największe zmiany w kierunku tonacji C były obserwowane od 14 dnia do 6 miesiąca eksperymentu. Zmiany jasności próbek zębów trójwarstwowych zanurzonych w winie czerwonym pojawiały się już od drugiego pomiaru



dominant towards darker shades were noted. From 24 hours to 4 months these changes proceeded systematically. Three-layered acrylic teeth as a result of immersion in red wine for 6 months changed their shade. After 24 hours, the number of samples in shade D increased significantly, and this trend was maintained until the 7<sup>th</sup> day. After 14 days of immersion, the number of samples in C colour tone increased and from the 4<sup>th</sup> month all samples were in this shade. In the control group, there was a slight systematic shifting of tone towards the shades from group D. There were also individual changes in brightness towards lighter shades and slightly more dominant changes towards darker ones. The majority of samples (84%) kept the brightness parameter in an unchanged form.

## Conclusion

Three-layered acrylic teeth are subject to discoloration. Both black tea and red wine induce colour changes, more intense for the latter substance.

koloru i postępowały w trakcie kolejnych pomiarów. Odnotowano jednostkowe zmiany w kierunku jaśniejszych i dominujące w kierunku ciemniejszych odcieni. Od 24 godzin do 4 miesiąca zmiany te postępowały systematycznie. Zęby akrylowe trójwarstwowe w wyniku zanurzenia w czerwonym winie przez 6 miesięcy zmieniały odcień. Po 24 godzinach znacząco wzrosła liczba próbek w odcieniu D i tendencja ta utrzymywała się do 7 dnia. Po 14 dniach zanurzenia wzrastała liczba próbek w tonacji C i od 4 miesiąca wszystkie próbki były w tym odcieniu. W grupie kontrolnej odnotowano niewielkie systematyczne przesunięcie tonacji w kierunku odcieni z grupy D. Odnotowano również jednostkowe zmiany jasności w kierunku odcieni jaśniejszych i nieco większe w kierunku ciemniejszych. Większość próbek (84%) zachowała w nieziennej postaci parametr jasności.

## Wnioski

Zęby akrylowe o trójwarstwowej strukturze ulegają dyskoloracji pod wpływem roztworów czarnej herbaty i czerwonego wina, jednak intensywniej w przypadku czerwonego wina.

## References

1. Goodacre CJ, Sagel PA: Dental Esthetics in Practice: Part 3 – Understanding Color & Shade Selection. Crest Oral-B at dentalcare.com Continuing Education Course 2011; 27: 1-15. Available at: [http://www.academia.edu/25017679/Dental\\_Esthetics\\_in\\_Practice\\_Part\\_3\\_-\\_Understanding\\_Color\\_and\\_Shade\\_Selection](http://www.academia.edu/25017679/Dental_Esthetics_in_Practice_Part_3_-_Understanding_Color_and_Shade_Selection)
2. Kolek Z: Psychofizyka barwy. Prace Instytutu Elektrotechniki 2010; 244: 5-15.
3. Sikri VK: Color: Implications in dentistry. J Conserv Dent 2010; 13: 249-255.
4. Stopyra W: Kompendium Okulistyki: Widzenie barw. Okulistyka 2012; 3:4-14.
5. Bhat V, Prasad DK, Sood S, Bhat A: Role of colors in prosthodontics: Application of color science in restorative dentistry. Indian J Dent Res 2011; 22: 804-809.
6. Shamma M, Alla RK: Color and shade matching in dentistry. Trends Biomater Artif Organs 2011; 25: 172-175.
7. Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S: A review of tooth colour and whiteness. J Dent 2008; 36: 2-7.
8. Abhishek A, Prashanti E, Kiran KKS: Digital shade matching: an insight. Res J Pharm Biol Chem Sci 2015; 6: 1072-1079.
9. Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Celemín-Viñuela A, Martínez Vázquez De Parga JA: Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour. J Dent 2014; 42: 742-745.
10. Baharin SA, Tey YD, Tan WJ: Anterior tooth shade selection procedure: influence of light sources and patients position. Sains Malaysiana 2013; 42: 7-11.
11. Todorović A, Todorović A, Spadijer-Gostović A, Lazić V, Milčić B, Đurišić S: Reliability of conventional shade guides in teeth color determination. Vojnosanit pregl 2013; 70: 929-934.
12. Salman A, Habib SR, Azad A: Scientific and artistic principles of tooth shade selection: a review.

- Pakistan Oral Dent J 2011; 31: 222-226.
13. Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA Jr, Davis EL: Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 110-119.
  14. Agrawal VS, Kapoor S: Color and shade management in esthetic dentistry. *Univ Res J Dent* 2013; 3: 120-127.
  15. Hattab FN, Quedeimat MA, Al-Rimawi HS: Dental Discoloration: An Overview. *J Esthet Dent* 1999; 11: 291-310.
  16. Pustina-Krasniqi T, Bytyçi A, Bicaj T, Ahmedi E, Dula L, Lila Z, et al.: The color of natural teeth investigated by visual perception and spectrophotometer. *Open J Stomatol* 2015; 5: 26-35.
  17. Scotti R, Mascellani SC, Forniti E: The in vitro color stability of acrylic resins for provisional restorations. *Int J Prosthodont* 1997; 10: 164-168.
  18. Satao N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H: In vitro color change of composite based resins. *J Dent Mater* 1989; 5: 384-387.
  19. Ayaz EA, Altintas SH, Turgut S: Effects of cigarette smoke and denture cleaners on the surface roughness and color stability of different denture teeth. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 241-248.
- Address: 50-425 Wrocław, ul. Krakowska 26  
Tel.: +4871 7840291, Fax: +4871 7840292  
e-mail: protetyka.stom@umed.wroc.pl
- Received: 15<sup>th</sup> December 2017  
Accepted: 31<sup>st</sup> December 2017