

# مقایسه میزان سفید شدن دندان‌ها در روش بلیچینگ فعال شده توسط منابع نوری با روش معمول سفید کردن دندان‌ها در مطب

## خلاصه

**مقدمه:** استفاده از منابع نوری مختلف جهت تسریع و بهبود فرآیند بلیچینگ رایج شده است. هدف از این مطالعه مقایسه دو روش استفاده از منابع نوری فعال کننده (لیزر دیود و LED) همراه با ماده بلیچینگ مناسب آن‌ها با روش معمول سفیدکنندگی در مطب می‌باشد. **روش بررسی:** ۴۸ دندان سانترال گاو به مدت ۲۱ روز درون محلول نسکافه قرار گرفتند. سپس شاخص‌های مربوط به رنگ نمونه‌ها به کمک دستگاه اسپکتروشید اندازه‌گیری شد. دندان‌ها به ۴ گروه تقسیم شدند: گروه یک: بلیچینگ به روش معمول با کمک ژل (Opalescence Boost PF)، گروه دو: بلیچینگ LED + Opalescence Boost PF، گروه سه: بلیچینگ Opalescence Boost PF + لیزر دیود، گروه چهار: بلیچینگ J White power bleach + لیزر دیود. بعد از انجام پروسه بلیچینگ رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروشید اندازه‌گیری شد. اطلاعات مربوط به پارامترهای  $a^*$ ،  $L^*$  و  $b^*$  در سیستم CIELab ثبت شد. در نهایت  $\Delta E$ ،  $\Delta L$ ،  $\Delta b$ ،  $\Delta a$  محاسبه گردید. نتایج حاصل توسط آنالیز واریانس ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج آنالیز تفاوت معنی‌داری میان  $\Delta E$  و  $\Delta b$  گروه‌ها نشان نداد ( $P > 0.05$ ). در حالی که میان  $\Delta L$  گروه ۱ و گروه ۲ و ۳ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و  $\Delta a$  گروه ۱ و ۴ تفاوت معنی‌داری نشان دادند ( $P < 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** استفاده از لیزر دیود و LED منجر به دست‌یابی به نتایج مشابه با روش معمول سفیدکنندگی در زمان کوتاه‌تر در مطب می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** بلیچینگ دندان‌ها، لیزر، عوامل سفیدکنندگی

معصومه حسنی طباطبایی<sup>۱</sup>  
المیرا عطایی<sup>۲</sup>  
مهدی عباسی<sup>۳</sup>  
الهام احمدی<sup>۳</sup>  
نسیم چینی فروش<sup>۴</sup>  
لادن رنجبر عمرانی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار بخش ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. دندانپزشک، دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. استادیار بخش ترمیمی، بخش ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴. دکتری لیزر، مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، پژوهشکده علوم دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

نویسنده مسئول: لادن رنجبر عمرانی، تلفن: ۰۹۱۲۲۱۳۲۱۱۰  
پست الکترونیک: ladanomrani@yahoo.com

## مقدمه

بلیچینگ به عنوان روشی محافظه کارانه جهت بهبود رنگ دندان‌ها جایگاه مهمی در دندانپزشکی زیبایی پیدا کرده است [۱]. مواد و روش‌های مختلفی جهت انجام بلیچینگ ارائه شده‌اند [۲]. بلیچینگ تحت نظارت دندانپزشک در مطب یا در خانه قابل انجام است. انجام بلیچینگ در مطب مزایایی نسبت به بلیچینگ در خانه دارد شامل: نظارت دندانپزشک، حفاظت از بافت نرم و نتایج سریع‌تر [۲].

عامل مؤثر در سفید کردن دندان‌ها هیدروژن پراکسید می‌باشد که در غلظت‌های بالا (۴۰-۳۵ درصد) در مطب استفاده می‌شود [۳]. هیدروژن پراکسید به مولکول‌های دیگر از قبیل رادیکال‌های آزاد، مولکول‌های فعال اکسیژن و آنیون‌های هیدروژن پراکسید تبدیل می‌شود [۴]. این مولکول‌های فعال باندهای یگانه و دوگانه کربن در مولکول‌های رنگدانه را شکسته و آن‌ها را به مولکول‌های دیگری تبدیل می‌کند که رنگ کمتری دارند یا می‌توانند از سطح دندان خارج شوند [۵].

میزان تجزیه هیدروژن پراکسید تحت تأثیر غلظت آن و حرارت مستقیم می‌باشد [۶]. باتوجه به اینکه در استفاده از حرارت مستقیم احتمال آسیب پالپی وجود دارد [۷]، امروزه از منابع نوری منسجم و غیرمنسجم مختلفی به منظور افزایش تأثیر یا کوتاه کردن مدت عمل سفید کردن دندان از طریق ایجاد حرارت غیر مستقیم ارائه شده‌اند شامل: هالوژن‌ها، پلاسما آرک‌ها، لامپ‌های دیود و انواع لیزر [۸]. این منابع براساس طیف خروجی تداخلشان با ژل سفیدکننده در طول موج‌های کوتاه‌تر به صورت فوتو شیمیایی و در طول موج‌های بلندتر در محدوده مادون قرمز، فوتوترمال می‌باشد [۹]. سیستم‌های لیزر توانایی فعال‌سازی عمقی‌تر ژل بلیچینگ را دارند در نتیجه رادیکال‌های آزاد بیشتری در زمانی کوتاه‌تر تولید می‌کنند [۹].

لامپ‌های دیودی و لیزرهای دیود در مقایسه با سایر منابع تابشی، ارزان، بسیار کوچک و مؤثر هستند و نیاز به جابه‌جایی اجزای پرسروصدا نظیر دستگاه تهویه و خنک‌کننده ندارند [۸]. تفاوت این دو وسیله در این است که لیزرهای دیود نور منسجم موازی تولید می‌کنند در حالی که در لامپ‌های دیودی موازی کردن پرتوها مشکل می‌باشد و توان خروجی پایین تری دارند [۸].

ارزیابی افراد از رنگ دندان تحت تأثیر عوامل محیطی و متغیرهای محیطی مثل نور محیط، تعداد مخروط‌ها و استوانه‌های شبکیه می‌باشد. به همین دلیل به منظور یکسان‌سازی و دستیابی به نتایج قابل اعتماد و قابل قیاس از روش‌هایی که پاسخ رنگ به صورت الکترونیکی دریافت شود، در تحقیقات استفاده می‌شود [۹]. یکی از سیستم‌های رایج  $a^* b^* CIE$  می‌باشد. سه حرف آخر به سه بعد رنگ در فضا اشاره دارد،  $a$  طیف رنگی قرمز-سبز می‌باشد ( $a$  مثبت قرمز کارمین و  $a$  منفی متضاد آن

آبی-سبز)،  $b$  طیف رنگی آبی-سبز است ( $b$  مثبت زرد کمرنگ و  $b$  منفی آبی تیره).  $L^*$  بعد درخشندگی یا سفیدی بین صفر (سیاه مطلق) تا صد (سفید مرجع) است و متناسب با توان نور بازتاب‌شده از سطح شیء می‌باشد [۸].

در این مطالعه آزمایشگاهی میزان مؤثر بودن لامپ‌های دیود و لیزر دیود در سفیدکنندگی به وسیله هیدروژن پراکسید ۳۸ درصد بر روی دندان‌های کشیده‌شده گاو به روش مقایسه اسپکتروفوتومتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

## روش بررسی

در این مطالعه ۴۸ دندان سانترال گاو مورد استفاده قرار گرفت. دندان‌ها از دو بعد مزیدستالی و باکو لینگوالی یکسان‌سازی شده بودند (اختلاف  $\pm 2$  میلی‌متر). اضافه‌های بافت نرم و سخت چسبیده به دندان‌ها پاک گردید و درون محلول کلرامین T  $0.5\%$  درصد به مدت یک هفته نگهداری شدند سپس نمونه‌ها تا زمان شروع آزمایش درون محلول بافاری سالین قرار گرفتند.

دندان‌ها به منظور مشابه‌سازی به مدت ۲۱ روز درون محلول نسکافه (Nescafé, Nestlé, Vevey, Switzerland) در دستگاه انکوباتور درجه حرارت بدن ( $37^\circ\text{C}$ ) درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰۰ درصد قرار گرفتند. هر نمونه به وسیله قطعه‌ای نخ در یک موقعیت عمودی و به طور کامل در محلول غوطه‌ور شد. این موقعیت عمودی سبب شد تا رسوب مواد رنگی بر روی سطح نمونه‌ها به حداقل برسد و نمونه‌ها به گونه‌ای در داخل ظرف محتوی محلول‌ها قرار داده شدند که با یکدیگر و با دیواره ظرف تماس نداشته باشند به این صورت نمونه‌ها تنها با محلول در تماس بودند (تصویر ۱). نمونه‌ها هر روز از محلول خارج می‌شدند و به مدت ۱ دقیقه با فشار ملایم محلول نرمال سالین شسته و مسواک زده می‌شدند تا در صورت رسوب، دبری‌ها پاک‌سازی شوند. محلول تازه هر روز تهیه می‌شد و نمونه‌ها درون آن قرار داده می‌شدند و در دستگاه انکوباتور قرار می‌گرفتند. بعد از ۲۱ روز، شاخص‌های مربوط به رنگ نمونه‌ها به کمک دستگاه اسپکتروشید اندازه‌گیری شد (تصویر ۲).



تصویر ۱: قرار گرفتن دندان‌ها درون محلول رنگی

توسط calibration tile کالیبره گردید (تصویر ۲).

اطلاعات مربوط به پارامترهای  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  در سیستم CIELab ثبت شد.  $\Delta L$ ،  $\Delta a$ ،  $\Delta b$  محاسبه گردید.

و در نهایت  $\Delta E$  با فرمول زیر به دست آمد:

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

### یافته‌ها

نتایج حاصل توسط آنالیز واریانس ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۱).

نتایج آنالیز تفاوت معنی داری میان  $\Delta E$  و  $\Delta b$  گروه‌ها نشان نداد ( $P > 0.05$ ). در تمام گروه‌ها میزان  $b^*$  کاهش یافته بود بجز گروه سه که مقادیری افزایش در  $b^*$  نشان داد (error bar).

در حالی که میان  $\Delta L$  گروه ۱ و گروه ۲ و تفاوت معنی داری مشاهده شد ( $P < 0.004$ ). در تمام گروه‌ها میانگین  $L^*$  افزایش یافته است بدین معنا که دندان‌ها سفیدتر شدند، تفاوت معنی داری بین  $\Delta L$  گروه اول و گروه دو و سه مشاهده شد. میانگین  $a^*$  هم در تمام گروه‌ها کاهش یافته بود  $\Delta a$  گروه ۱ و ۴ تفاوت معنی داری نشان دادند ( $p = 0.038$ ).

### بحث

با توجه به اینکه دندان‌ها به مرور زمان دچار تغییر رنگ می‌شوند درمان‌های بلیچینگ حوزه وسیعی از درمان‌های دندانپزشکی را به خود اختصاص داده است. از مهم‌ترین منابعی که ایجاد تغییر رنگ می‌کند، نوشیدنی‌های مختلف می‌باشند از جمله چای، قهوه و انواع آب‌میوه‌ها [۱۰].

در درمان‌های بلیچینگ از وسایل کمکی مانند نور و حرارت برای تسریع و بهبود فرآیند سفیدکنندگی استفاده می‌شود. هدف از کاربرد نور در پروسه بلیچینگ، تسریع تبدیل شدن هیدروژن پراکسید موجود در ژل بلیچینگ به رادیکال‌های آزاد طی گرم کردن ژل برای شکستن مولکول‌های عامل تغییر رنگ دندان می‌باشد [۱۱].

دستگاه LED دارای مزایایی از قبیل در دسترس بودن، طول عمر بالا، طیف گسیل نور باریک که با برون‌ده بالا، تولید گرمای حداقل می‌باشد [۱۲]. به علاوه لیزرهای Diode نیمه‌رسانا، کوچک‌ترین، ارزان‌ترین، سبک‌ترین، بادوام‌ترین و جدیدترین نسل لیزر به‌شمار می‌رود [۱۳]. این لیزر، طول موج‌های فراوانی در ناحیه مرئی و مادون قرمز به‌شکل پیوسته یا پالسی تولید می‌کند. طول موج در دسترس Diode برای اعمال دندانپزشکی بین ۸۰۰ نانومتر برای ماده فعال آلومینیوم تا ۹۸۰ نانومتر در ماده فعال مرکب ایندیوم است. تمام طول موج‌های لیزر دیود



تصویر ۲: اندازه‌گیری رنگ دندان‌ها توسط دستگاه اسپکتروشید

سپس دندان‌ها به ۴ گروه تقسیم شدند:

گروه یک: بلیچینگ ژل (Opalescence Boost PF, Ultradent Products, Salt Lake City, UT) یک لایه ژل به ضخامت ۱ میلی‌متر به نحوی که به‌طور کامل سطح را پوشش دهد بر روی دندان‌ها قرار گرفت، پس از ۱۵ دقیقه ژل به‌طور کامل از روی سطح دندان‌ها برداشته و شسته شد.

گروه دو: بلیچینگ LED + Opalescence Boost PF: یک لایه ژل به ضخامت ۱ میلی‌متر بر روی سطح دندان‌ها قرار گرفت. دستگاه LED (Optilax501, USA) با شدت  $1000 \text{ mw/cm}^2$  و طول موج ۴۰۵ نانومتر از فاصله ۶ میلی‌متر به مدت ۳۰ ثانیه ۶ بار تابانده شد فاصله ۳۰ تابش بود، در کل فرآیند بلیچینگ ۳۳۰ ثانیه به‌طول انجامید.

گروه سه: بلیچینگ Opalescence Boost PF + لیزر دیود: یک لایه ژل بلیچینگ بر روی سطح دندان‌ها قرار گرفت. لیزر (Diode (Wuhan, gigga model: DEN7A, China) با طول موج ۸۱۰ نانومتر و توان ۱/۵ وات و به‌صورت پیوسته از فاصله ۶ میلی‌متری از سطح باکال دندان توسط فیبر ۴۰۰ میکرونی به مدت ۳۰ ثانیه تابانده شد. پروسه سه بار تکرار شد و فاصله بین هر تابش ۱ دقیقه بود، پس از آخرین تابش، ۵ دقیقه ژل بلیچینگ روی سطح دندان باقی ماند. در کل، فرآیند بلیچینگ ۵۱۰ ثانیه به‌طول انجامید.

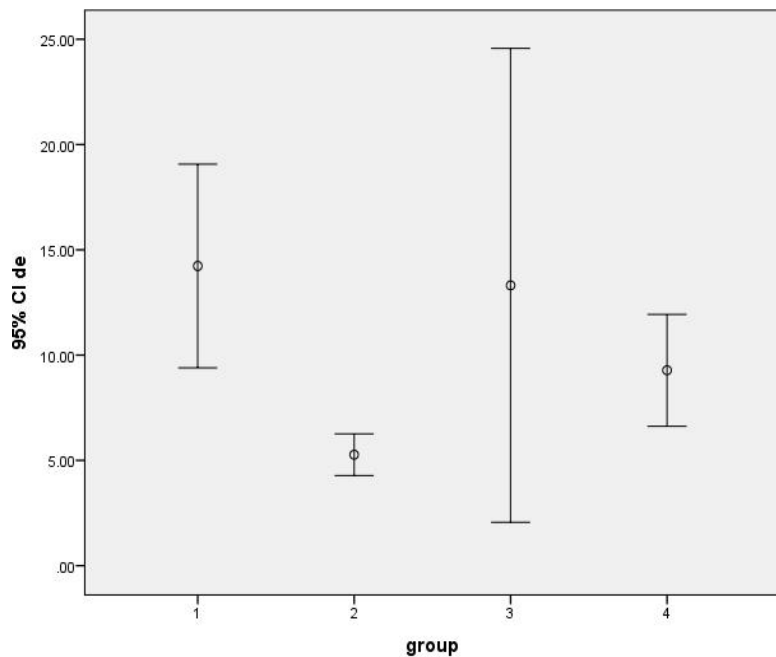
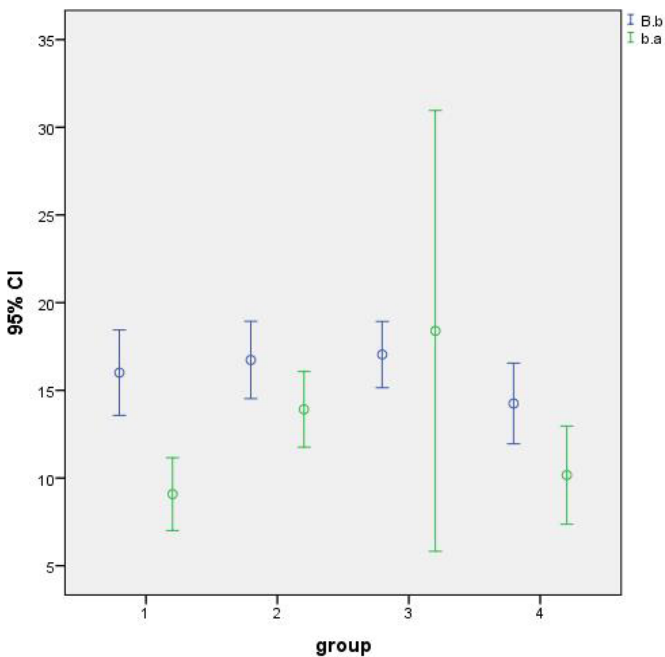
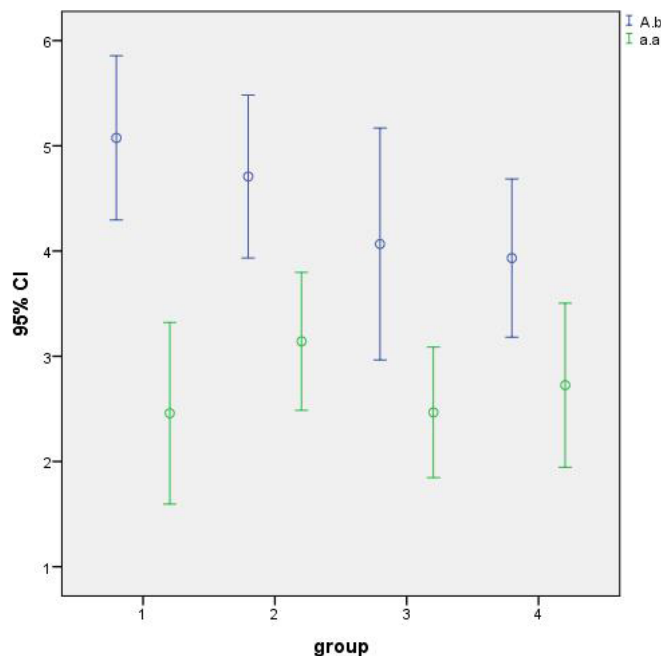
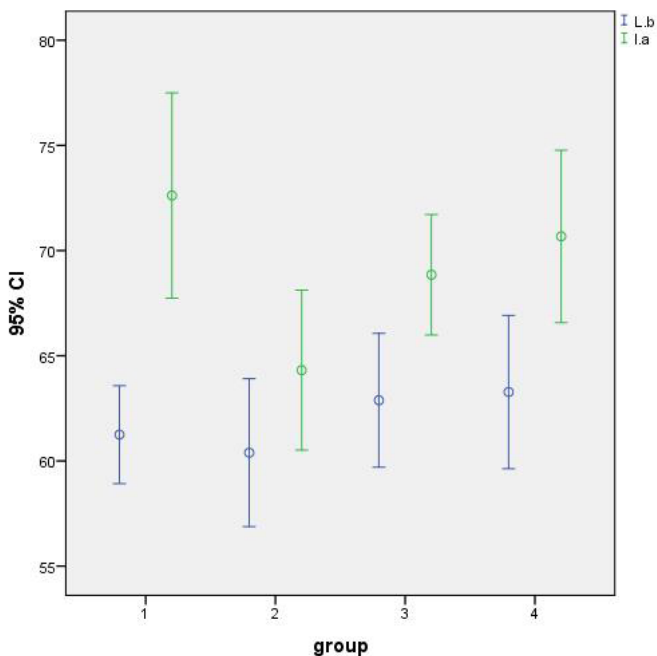
گروه چهار: بلیچینگ J White Power Bleach + لیزر دیود: ژل J White power bleach (Heydent GmbH Germany) به ضخامت یک‌نواخت ۱ میلی‌متر قرار داده شد، فرآیند سفید کردن مانند گروه سوم انجام شد.

انرژی لیزر در هر تابش معادل ۴۵ ژول و کل انرژی داده شده معادل ۱۳۵ ژول می‌باشد.

اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروشید (Micro, MHT SPA, Milan, Italy) در سه مرحله انجام شد: قبل از قرارگیری در محلول رنگی بعد از قرارگیری در محلول رنگی و قبل از بلیچینگ بعد از انجام پروسه بلیچینگ. قبل از هر بار اندازه‌گیری دستگاه

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار مقادیر  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  و  $\Delta E$  گروه قبل و بعد از بلجینگ

گروه ها	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
گروه یک	11.4 (7.9) <sup>a</sup>	-2.6(1.4) <sup>a</sup>	-6.9(3.6)	14.2(7.6)
گروه دو	3.9(1.7) <sup>b</sup>	-1.5(0.8) <sup>a, b</sup>	-2.8(0.9)	5.2(1.5)
گروه سه	5.9(2.7) <sup>b</sup>	-1.6(1.2) <sup>a, b</sup>	1.3(21.3)	13.3(17.7)
گروه چهار	7.4(4.8) <sup>a, b</sup>	-1.2(1.1) <sup>b</sup>	-4(2.5)	9.2(4.1)



در بافت‌های دارای رنگدانه جذب می‌شوند [۱۴].

در این مطالعه از منابع نوری LED و لیزر دیود استفاده شد. مکانیسم عمل این دو سیستم ساده است و براساس انتقال انرژی نوری به انرژی گرمایی از طریق جذب انرژی توسط ژل بلیچینگ می‌باشد [۱۱]. ژل بلیچینگ مناسب در ارتباط با روش فعال‌سازی به رنگدانه ژل مرتبط است و اعتقاد بر این است که ژل رنگی به جذب بیشتر نور کمک می‌کند و در نتیجه انرژی کمتری به ساختار دندان انتقال می‌یابد و حرارت کمی به پالپ دندان منتقل می‌شود و حساسیت بعد از پروسه بلیچینگ حداقل است [۱۵]. ژل بلیچینگ استفاده شده در این تحقیق opalescence boost دارای ۳۸ درصد هیدروژن پراکسید می‌باشد. این ژل حاوی کاروتن می‌باشد و توانایی جذب لیزر دیود و LED را دارد [۸ و ۱۶]. ژل Heydent مخصوص استفاده با لیزر دیود و ND:YAG ساخته شده و حاوی ۳۰ درصد هیدروژن پراکسید است [۱۷].

در ارزیابی اسپکتروفوتومتری، نمونه‌ها تنها تحت یک نور ارزیابی می‌شوند که منجر به کاهش خطای احتمالی تعیین رنگ می‌شود و با شرایط مطب که منابع نوری مختلف وجود دارد، متفاوت است. باید به خاطر داشت که مقادیر به دست آمده از اسپکتروفوتومتر به عنوان مرجعی از نور روز است که عمدتاً به وسیله چشم قابل تشخیص نمی‌باشد خصوصاً با در نظر گرفتن پدیده متامریسم [۸].

نتایج این تحقیق نشان داد، تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر میزان اثر بخشی ( $\Delta E$ ) وجود نداشت ( $p=0/134$ ). در تمام گروه‌ها  $L^*$  افزایش یافت بدین معنا که دندان‌ها سفیدتر شدند، تفاوت معنی‌داری بین  $\Delta L$  گروه اول و گروه دو و سه مشاهده شد. در تمام گروه‌ها میزان  $b^*$  کاهش یافته بود بدین معنا که میزان زردی کاسته شده بود بجز گروه سه که مقادیری افزایش در  $b^*$  نشان داد. ولی به طور کلی تفاوت آماری از نظر میزان  $\Delta b$  مشاهده نشد. میانگین  $a^*$  هم در تمام گروه‌ها کاهش یافته بود بدین معنا که از میزان قرمزی نمونه‌ها کاسته شده بود. کاهش  $a^*$  و  $b^*$  نشان‌دهنده کاهش کروما و در واقع بی‌رنگ شدن دندان‌ها است. به طور کلی می‌توان عنوان کرد که بعد از بلیچینگ روشنایی و زردی و قرمزی دندان‌ها در تمام گروه‌ها بهبود پیدا کرده بود که با سایر تحقیقات همخوانی دارد [۲۰-۱۸].

در واقع، استفاده از منابع فعال‌کننده منجر به دستیابی نتایج مشابه در زمان کوتاه‌تر می‌گردد. لیزر توانایی فعال کردن کل ضخامت ژل بلیچینگ را به طور همزمان دارد که منجر به آزادسازی هیدروژن پراکسید بیشتر در زمان کوتاه‌تر می‌گردد [۱۶]. علاوه بر این مدت زمان تابش در گروه لیزر کمتر از گروه LED بود. یافته دیگر این مطالعه این بود که استفاده از ژل‌های مخصوص بلیچینگ منجر به ایجاد نتایج بهتر نمی‌گردد، بلکه آنچه

مهم است توانایی جذب لیزر توسط ژل بلیچینگ می‌باشد.

Lima و همکاران در تحقیق خود نتیجه گرفتند که تفاوت معنی‌داری از نظر میزان سفیدکنندگی با فعال‌سازی یا عدم فعال‌سازی ماده بلیچینگ با منابع نوری مختلف وجود نداشت که همسو با مطالعه حاضر می‌باشد [۲۱]. در مطالعات کلینیکی انجام شده هم نتایج مشابهی به دست آمده است [۲ و ۱۲]. در حالی که در تحقیق wetter و همکاران لیزر دیود در ترکیب با ژل Whiteness HP نتایج بهتری به دست آمد که شرایط انجام آزمایش (دمای محیط، میزان تخصص فرد انجام‌دهنده آزمایش و...)، غلظت ژل مصرفی، ضخامت ژل بر روی سطح دندان، رنگی بودن ژل بلیچینگ، ضخامت عاج و مینا، مدت تابش، مدت بلیچ کردن، طول موج لیزر، فاصله بین نوک لیزر و سطح دندان و بسیاری عوامل دیگر بر روی نتایج اثر دارد. از طرف دیگر دندان‌های گاو کمی از دندان‌های انسان روشن‌ترند و تغییرات سایه کمی را نشان می‌دهند که بر روی نتایج اثر دارد.

به طور کلی با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان بیان داشت که استفاده از LED و لیزر دیود منجر به تسریع فرآیند سفیدکنندگی می‌گردد هر چند منجر به بهبود سفیدکنندگی نمی‌شود.

## References:

1. Camargo SE, Valera MC, Camargo CH, Gasparoto Mancini MN, Menezes MM. Penetration of 38% hydrogen peroxide into the pulp chamber in bovine and human teeth submitted to office bleach technique. *J Endod*, 2007; 33: 1074-7.
2. Zekonis R, Matis BA, Cochran MA, Shetri SA, Eckert GJ, Carlson TJ. Clinical evaluation of in-office and at-home bleaching treatments. *Oper dent*. 2003; 28(2): 114-21.
3. Pinto CF, Oliveira RD, Cavalli V, Giannini M. Peroxide bleaching agent effects on enamel surface microhardness, roughness and morphology. *Braz Oral Res*. 2004; 18(4): 306-11.
4. Durner J, Stojanovic M, Urcan E, Spahl W, Haertel U, Hickel R, Reichl FX. Effect of hydrogen peroxide on the threedimensional polymer network in composites. *Dent Mater*. 2011; 27(6): 573-80.
5. Gokay O, Mujdeci A, Algin E. In vitro peroxide penetration into the pulp chamber from newer bleaching products. *Int Endod J*. 2005; 38(8): 516-20.
6. Ontiveros JC, Paravina RD. Color change of vital teeth exposed to bleaching performed with and without supplementary light. *J of Dent*. 2009; 37(11): 840-7.
7. Polydorou O, Hellwig E, Hahn P. The Efficacy of Three Different In-office Bleaching Systems and Their Effect on Enamel Microhardness. *Oper Den*. 2008; 33(5): 579-86.
8. Wetter NU, Barroso M, Pelino JE. Dental bleaching efficacy with diode laser and LED irradiation: an in vitro study. *Lasers Surg Med*. 2004; 35(4): 254-8.
9. Ursus Wetter N, Walverde D, Kato IT, De Paula Eduardo C. Bleaching efficacy of whitening agents activated by xenon lamp and 960-nm diode radiation. *Photomedicine and Laser Therapy*. 2004; 22(6): 489-93.
10. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int*. 1992; 23(7): 471-88.
11. Bennett ZY, Walsh LJ. Efficacy of LED versus KTP laser activation of photodynamic bleaching of tetracycline-stained dentine. *Lasers Med Sci*. 2015; 30(7): 1823-8.
12. Bortolatto JF, Pretel H, Neto CS, Andrade MF, Moncada G, Junior OB. Effects of LED–laser hybrid light on bleaching effectiveness and tooth sensitivity: a randomized clinical study. *Laser Phys Lett*. 2013; 10(8): 085601.
13. de Freitas P, Simoes A. *Lasers in dentistry. Guide for clinical practice*. 2015: John Wiley & Sons.
14. Halliday D, Resnick R, Walker J. *Fundamentals of physics extended*. Vol. 1 2010: John Wiley & Sons.
15. Valera MC, de Araújo MA. Penetration of 35% hydrogen peroxide into the pulp chamber in bovine teeth after LED or Nd: YAG laser activation. *Eur J Esthet Dent*. 2009; 4: 82-9.
16. Omrani LR, Taher A, Albujeer A, Parvin M, Daryakenari G, Gorgani-Firuzjaee S, Kermanshah H, Chiniforush V. Penetration of hydrogen peroxide into the pulp chamber after conventional and laser-assisted bleaching. *S Afr Dent J* 2016; 71(2): 58-61.
17. Jain RJ, Jadhav SK, Hegde VS. Effects of conventional and laser activated intracoronal bleaching agents on ultrastructure and mineral content of dentin. *Journal of Dental Lasers*. 2013; 7(1): 2.
18. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *J Am Dent Assoc* 2004; 135(2): 194-201.
19. Rosenstiel SF, Gegauff AG, Johnston WM. Duration of tooth color change after bleaching. *J Am Dent Assoc*. 1991; 122(4): 54-9.
20. Gegauff AG, Rosenstiel SF, Langhout KJ, Johnston WM. Evaluating tooth color change from carbamide peroxide gel. *J Am Dent Assoc*. 1993; 124(6): 65-72.
21. Lima DA, Aguiar FH, Liporoni PC, Munin E, Ambrosano GM, Lovadino JR. In vitro evaluation of the effectiveness of bleaching agents activated by different light sources. *J Prosthodont*. 2009; 18(3): 249-54.