

مقایسه مقدار آزاد شدن یون از آلیاژ سینترون در دو PH مختلف با و بدون شبیه سازی سیکل پخت پرسن به روش اسپکتروسکوپی با جذب اتم

سپیده صفری^۱، میثم مهابادی^{۲*}، رضا دارابی^۲

^۱ دستیار تخصصی گروه پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، واحد اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی (خوراسگان)، اصفهان، ایران

^۲ استادیار گروه پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، واحد اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی (خوراسگان)، اصفهان، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۱۴۰۰/۲/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۸

Comparison of Ion Release from Cintron Alloy at Two Different PH using Atomic Absorption Spectroscopy

Sepide Safari¹, Meysam Mahabadi^{2*}, Reza Darabi²

¹ Postgraduate Student, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Islamic Azad University of Isfahan (Khorasgan), Isfahan, Iran

² Assistant Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Islamic Azad University (Khorasgan), Isfahan, Iran

Received: 2 May 2021; Accepted: 10 October December 2021

Introduction: In recent years, using metal alloys has been expanding in dentistry, especially in dentures. Further research is needed on ion release in these alloys considering the potential harm to human health.

Materials and Methods: A total of 20 disk-shaped samples and two acidic environments with pH of 4.2 and 6.5 were used in the present study. Half of the samples without simulation of porcelain firing and the other half after the simulation were incubated for 7 days at 37 °C in a closed sterile centrifuge tube containing 7.5 ml of acidic solution with pH of 4.2 and 6.5. Finally, the solution was analyzed by spectroscopic method to evaluate the amount of ions released from the Cintron alloy. The results were analyzed using ANOVA by SPSS software.

Results: In the samples placed in solutions with pH of 4.2 and 6.5, the amount of released ions after firing was significantly higher than that without the firing process. Furthermore, the amount of released ions in a solution with a pH of 6.5 is significantly less than that in pH of 4.2 in samples without firing simulation. However, the amount of released ions in a solution with a pH of 6.5 is significantly higher than that in pH of 4.2 in the samples after firing.

Conclusion: The results demonstrate that porcelain firing changes the nature of alloys leading to the release of more chromium, cobalt, and molybdenum ions. Also, increasing the acidity of the environment before firing causes more ions to be released, while after firing, the ions are released less in a more acidic environment.

Key words: Cintron Alloy, Ion Release, Spectroscopy, PH Value

Corresponding Author: meysam.mahabadi@khuif.ac.ir

J Mash Dent Sch 2022; 46(2): 135-47.

چکیده

مقدمه: در سالهای اخیر استفاده از آلیاژهای فلزی در دندانپزشکی به خصوص در پروتزهای دندانی رو به گسترش است. با توجه به ضررهای این آلیاژها برای سلامتی انسان، نیاز به تحقیق بیشتری در رابطه با میزان آزاد شدن یونهای این آلیاژها احساس می شود. هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه میزان آزاد سازی یونهای کروم، کبالت و مولیبدن در آلیاژ سینترون، در دو PH مختلف با و بدون شبیه سازی سیکل پخت پرسن به روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی بود.

مواد و روش ها: در این آزمایش از ۲۰ نمونه و دو محیط اسیدی با PH ۴/۲ و ۶/۵ استفاده شد. نیمی از نمونه ها بدون شبیه سازی پخت پرسن و نیمی دیگر بعد از شبیه سازی پخت، به مدت ۷ روز در دمای ۳۷ درجه در یک محیط بسته تیوب سانتریفیوژ استریل شامل ۷/۵ میلی لیتر محلول اسیدی با PH ۴/۲ و ۶/۵ انکوبه شدند. در نهایت، محلول برای بررسی میزان یونهای آزاد شده از آلیاژ سینترون با روش اسپکتروسکوپی آنالیز شد. به کمک روش آنالیز واریانس دوطرفه و نرم افزار SPSS تحلیل نتایج صورت گرفت.

یافته ها: در نمونه های قرار گرفته در محلول با PH ۴/۲ و ۶/۵، مقدار آزاد شدن یونهای کروم، کبالت و مولیبدن با پخت، بیشتر از حالت بدون پخت بود و این تفاوت معنی دار بود. همچنین نتایج نشان داد که در نمونه های بدون شبیه سازی پخت، مقدار آزاد شدن یونها در محلول با PH

۶/۵ کمتر از آزاد شدن یون در محلول با PH ۴/۲ بود؛ در صورتی که در نمونه های با پخت، مقدار آزاد شدن یونها در محلول با PH ۶/۵ بیشتر از آزاد شدن یون در محلول با PH ۴/۲ بود، در حالی که این تفاوت معنی دار نبود.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که پخت پرسن باعث تغییراتی در آلیاژها شده که منجر به آزادسازی بیشتر یونهای کروم، کبالت و مولیبدن شد. همچنین اسیدی تر شدن محیط میتواند باعث آزاد شدن بیشتر این یونها از آلیاژ در حالت بدون پخت شود، در حالی که در نمونه های با پخت یونها در محیط اسیدی تر کمتر آزاد شدند.

کلمات کلیدی: آلیاژ سیترون، آزاد شدن یون، اسپکتروسکوپی.

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۴۰۱ دوره ۴۶ / شماره ۲: ۴۷-۱۳۵.

مقدمه

عوامل بسیاری در مقدار خوردگی فلزات کار شده در دندانپزشکی دخیل اند که از مهمترین آنها می توان خواص ذاتی فلز کار شده و حتی شرایط محیطی داخل دهان را نام برد. از عوامل ذاتی فلزات کار شده، میتوان به ریز ساختار فلزات، ترکیبات شیمیایی آنها، نوع و روش ساخت اشاره کرد.^(۱) نتایج تحقیقات اخیر نشان میدهد آلیاژهای نابل و های نابل، مقاومت خوبی در مقابل محیط های اسیدی دارند. هرچند آلیاژهای بر پایه نیکل، آزادسازی مقادیر زیاد نیکل را در معرض محیط های اسیدی با PH کمتر از ۴ از خود نشان می دهند.^(۴)

در مجموع یافته های معتبر تأیید می کند که بیشترین مقدار فلز آزاد شده از آلیاژهای بیس متال، یون نیکل و بعد از آن یون های ناشی از فلزات کروم، کبالت، مولیبدن است.^(۵) همچنین نتایج تحقیقات نشان میدهد دمای بالاتر میتواند اثر خوردگی بر روی آلیاژهای حاوی کبالت و نیکل را افزایش دهد.^(۱) آلیاژهای نیکل کروم که در معرض دماهای پخت پرسن قرار می گیرند دچار خشونت سطحی و کاهش در سختی و استحکام می شوند. این تغییرات در ریزساختار ممکن است در تشکیل لایه اکسید محافظ اثر بگذارد که خود باعث تغییر ساختار آلیاژ و در نتیجه مقاومت آن در برابر کروژن و میزان آزادسازی یون های فلزی شده و در نهایت بر سازگاری بافتی آلیاژ تأثیر می گذارد.^(۱) عوارض منفی برخی از یونها در بدن در آزمایشات پزشکی به تأیید رسیده است. به عنوان مثال کبالت زیاد، در

در سال های اخیر استفاده از پروتزهای دندانی به صورت روزافزونی در حرفه دندانپزشکی رواج یافته است. تقریباً پایه اکثر پروتزهای دندانی از آلیاژ تشکیل شده است که این آلیاژها از یونها و فلزهای مختلفی ساخته شده است. انتخاب نوع آلیاژ با توجه به ویژگی های مورد انتظار و شرایط محل قرارگیری آن، اهمیت ویژه ای دارد. به خصوص در بخش های در تماس با بافت دهان، استفاده از آلیاژهای متناسب با آن، از اهمیت به سزایی برخوردار است.^(۱)

در دندانپزشکی، فلزات عمدتاً به دو گروه نابل (Noble) و بیس متال (Base metal) تقسیم می شوند. همچنین فلزات نابل بر اساس نوع فلزات به کاررفته به دو دسته نابل و های نابل (High Noble) می توانند تقسیم شوند. نابل ها در آلیاژهای دندانپزشکی شامل انواع طلا، پلاتین و پالادیوم هستند. اما افزایش بسیار سریع قیمت طلا در دهه ۱۹۷۰ باعث تغییراتی در ترکیب فلزهای مورد استفاده دندانی شد. بر این اساس افزایش آلیاژهای حاوی مقادیر کمتر طلا و در نتیجه تولید آلیاژهای بیس متال برای پروتزها در دستور کار قرار گرفت.^(۲)

از طرفی همواره بخشی از این فلزات، امکان حل شدن در حفره ی دهان که یک محیط رسانا برای خوردگی می باشد را دارند و از این طریق میتوانند به مجرای گوارشی راه پیدا کنند که در نهایت ممکن است جذب بدن شوند.^(۳)

میدهد. در حالی که آلیاژ سینترون مقاومت نسبتاً خوبی در محلولهای با PH مختلف از خود نشان داد. همچنین افزایش مقدار اندکی فلوراید تأثیر اندکی روی مقدار خوردگی آلیاژ دارد. Lucchetti و همکاران^(۹)، میزان آزاد شدن یونهای کروم، کبالت و آهن، از آلیاژ کروم کبالت و همچنین تأثیر اسید و باکتری‌ها بر آزاد شدن یونهای این فلزات را در دو روش ریختگی و CAD/CAM مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق تفاوت آشکاری بین روش‌ها نشان نداد و بیشترین یون آزاد شده در شرایط اسیدی پایین‌تر و روش کستینگ بود. در تحقیق Ristic و همکاران^(۱۰) میزان خوردگی فلز Ni-Cr و همچنین تأثیرات سمی آن بررسی شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که آلیاژ Ni-Cr دارای کمترین مقاومت خوردگی در مقابل بزاق دهان و کمترین زیست سازگاری و همچنین دارای تأثیرات بدی در دراز مدت روی افرادی که حساسیت دارند، میباشد. Wataha و همکاران^(۴) به بررسی اثر PH بر المان‌های آزاد شده از آلیاژهای مورد استفاده در پروتزهای دندانی پرداختند. آنها نشان دادند که آلیاژهای نابل و های نابل، در مقابل محیط های اسیدی مقاومت خوبی دارند، هرچند در محیط با PH=1 مقدار آزاد شدن یونها بیشتر است. در حالی که آلیاژهای بر پایه نیکل یون‌های به مراتب بیشتری را در PH برابر با ۱ و ۴ بعد از یک هفته آزاد کردند. Sagesene و همکاران^(۲) در مطالعه‌ای به بررسی آزادسازی یونها از چهار آلیاژ مختلف در سه محیط با PH های ۲/۳، ۶/۵ و ۷/۳ پرداختند. آنها طی این مطالعه دریافتند که برای هر آلیاژ بیشترین مقدار آزاد سازی یونی در بزاق مصنوعی با PH=۲/۳ و کمترین آن در محلول نرمال سالین ۰/۹٪ با PH برابر با ۷/۳ بوده است. نتایج نشان میدهد که آزاد سازی یون از آلیاژ، وابسته به مقدار PH در بزاق دهان است. Rincic و همکاران^(۱۱) به بررسی آزاد سازی یون های

بدن باعث ایجاد عارضه درماتیت آلرژیک و همچنین عکس‌العمل شدید تنفسی به همراه هیپرگلوبولینمی میشود. در برخی مطالعات تأیید شده است که فلز کبالت تأثیر سمی و مضر روی DNA دارد و در نهایت تغییراتی در بافت مخاط باکال، ناشی از تماس این فلز با مخاط ایجاد می‌شود.^(۷)

امروزه استفاده از آلیاژ های کبالت- کروم- مولیبدن (سینترون) ساخته شده به روش CAD/CAM به خصوص در زمینه‌ی ساخت دندان‌های مصنوعی از نوع پارسیل، به سرعت در حال افزایش است. از طرفی ترکیبات آلیاژ های مختلف با کاربردهای گوناگون به طور چشمگیری با یکدیگر تفاوت دارند. اما الگوی پایه ترکیبات آنها معمولاً شامل ۶۳-۶۸٪ کبالت و ۲۵-۳۰٪ کروم به اضافه عناصر فرعی از جمله مولیبدن (MO)، منگنز (Mn)، آهن (Fe)، کربن (C)، سیلیس (Si) و ترکیب بسیار کمی از سایر فلزات می باشد.^(۱) تغییر در مقادیر مورد استفاده از کروم، کبالت، مولیبدن و سایر فلزات میتواند در خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آلیاژ تهیه شده تأثیر زیادی داشته باشد.

با توجه به خطرات بالقوه ای که آزاد شدن یون های مرتبط با آلیاژ سینترون برای بدن انسان دارد؛ از یک سو و جدید بودن و نوع متفاوت ساخت این آلیاژ از سوی دیگر، نیاز به تحقیقات بیشتر در خصوص میزان آزادسازی این یونها در شرایط مختلف دهان انسان وجود دارد.

یکی از تغییراتی که در طول روز در دهان انسان رخ میدهد، تغییر مقدار PH ناشی از تغییر در سبک غذایی است. در سال ۲۰۱۶، Schille و همکاران^(۸) به بررسی اثر PH مختلف با افزودن فلوراید روی رفتار خوردگی آلیاژ سینترون در مقایسه با آلیاژ گیر و باند پرداختند. در این تحقیق نتایج نشان داد آلیاژ گیر و باند مقاومت بهتری را در برابر خوردگی در محیط های اسیدی با PH پایین نشان

هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان آزادسازی یونهای کروم-کبالت و مولیبدن در آلیاژ سیترتون، در دو PH مختلف با و بدون شبیه سازی سیکل پخت پرسنل به روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی بود.

مواد و روش‌ها

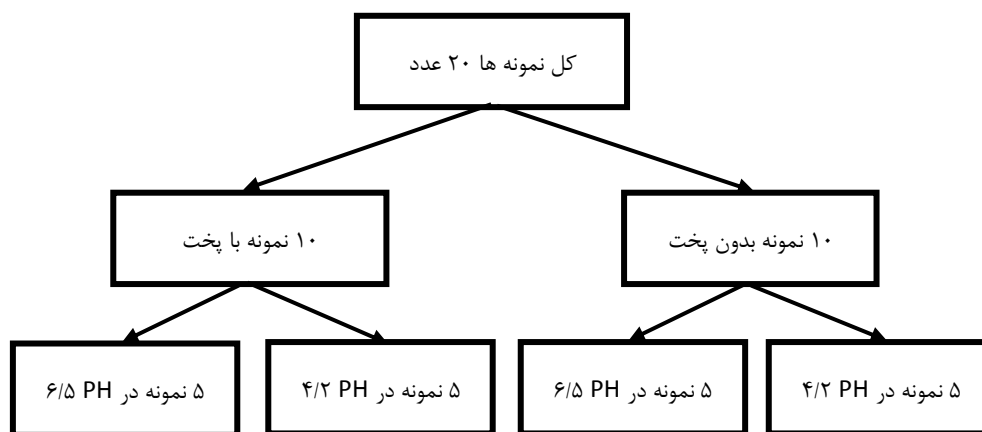
در تحقیق حاضر، تعداد ۲۰ نمونه دیسکی شکل آلیاژ سیترتون به ضخامت ۳ میلی متر و قطر ۱۰ میلی متر تهیه شد. این آلیاژها سیتتر شده و با ابعاد نهایی مورد نظر تأیید شدند.

نمونه‌ها به دو گروه ده تایی تقسیم شده و یکی از دو گروه در داخل کوره پخت پرسنل، تحت دمای شبیه سازی پخت پرسنل، حرارت داده شدند. سپس هر کدام از دو گروه ده تایی به دو گروه پنج تایی تقسیم شدند.

اکنون ۵ نمونه پخته شده به صورت جداگانه در داخل ۵ ظرف حاوی محلول با PH ۴/۲ و ۵ نمونه دیگر نیز به صورت جداگانه در ۵ ظرف حاوی محلول با PH برابر با ۶/۵ قرار داده شدند. همچنین ۵ نمونه بدون فرآیند شبیه سازی پخت نیز به صورت جداگانه در داخل ۵ ظرف حاوی محلول با PH ۴/۲ و ۵ نمونه دیگر نیز به صورت جداگانه در ۵ ظرف حاوی محلول با PH برابر با ۶/۵ قرار داده شدند. این نمونه‌ها برای مدت ۷ روز در محلول مربوطه قرار داده شدند.

بعد از گذشت مدت زمان ۷ روز، نمونه‌ها از محلول خارج شده و با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی (ICP-AES)، میزان آزاد شدن یونهای کروم، کبالت و مولیبدن از هر کدام از ۲۰ نمونه اندازه گیری شد و داده‌ها با استفاده از آزمونهای آماری t زوجی و نرم افزار SPSS ویرایش ۲۶، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

کروم-کبالت و مولیبدن از آلیاژهای دندانی در PH برابر با ۶ پرداختند. در این تحقیق نشانه‌های آزاد سازی یونها در بازه ۳۰ روزه شامل یونهای کبالت، کروم، آهن، روی و نیکل دیده شد که بیشترین مقدار آنها مربوط به کبالت بوده است. Tamam و همکاران^(۱۲) به تحقیقی در خصوص بررسی اثر پخت پرسنل روی رفتار الکتروشیمیایی آلیاژ نیکل کروم در هیدروژن پراکساید در PH برابر با ۶/۵ پرداختند که نتایج، نشان از افزایش میزان کروژن بعد از سیکل حرارتی پخت پرسنل داشت. Zeng و همکاران^(۱۳) به بررسی مقایسه مقاومت به خوردگی آلیاژ متال سرامیک کروم کبالت مولیبدن (آلیاژ سیترتون) ساخته شده به روش لیزر ملتینگ و آلیاژ ریختگی با و بدون پخت پرسنل پرداختند. نتایج نشان داد؛ سیکل پخت پرسنل اثر مشخص آماری روی رفتار خوردگی آلیاژهای مورد نظر نداشت. Kou و همکاران^(۱۴) در تحقیق با عنوان؛ رفتار خوردگی و تجزیه و تحلیل سطح دو آلیاژ کروم-کبالت و نیکل-کروم با و بدون شبیه سازی پخت پرسنل به بررسی اثر پخت پرسنل بر روی آزاد سازی یونها پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد در هر دو نمونه با و بدون پخت، آلیاژ کروم-کبالت مقاومت بسیار بهتری نسبت به آلیاژ نیکل-کروم از خود نشان داد. همچنین این تحقیق نشان داده است که مشخصات آلیاژ کروم-کبالت با پخت و آلیاژ نیکل-کروم حاوی برلیوم تغییر چندانی نداشته است. نخعی و همکاران^(۱۵) به بررسی اثر روش سیلیکا لیزینگ بر روی استحکام باند کامپوزیت رزین به آلیاژ نیکل-کروم پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد روش سیلیکالیزینگ با استفاده از پودر Cojet و به همراه لیزرهای CO₂ و Nd:YAG در افزایش استحکام باند کامپوزیت به فلز مؤثر نمی‌باشد.



شکل ۱: بررسی تعداد نمونه ها بر اساس محل مصرف در آزمایش

قرار گرفتند و در نهایت دمای انجام گلیز در ۹۸۰ درجه سلسیوس و سرد شدن در دمای اتاق انجام شد. بعد از اعمال دماهای پخت پرسلن در کوره، نمونه ها مشابه روش گفته شده در بالا مجدداً پالیش شدند.^(۱۱)

در این آزمایش از دو محیط اسیدی با PH ۴/۲ یا ۶/۵ استفاده شده است. برای تهیه این محیط‌های اسیدی، ابتدا نرمال سالین ۰/۹ درصد با کمک اسید لاکتیک به PH ۳ و ۵ رسانده شد. سپس به کمک محلول NaF با غلظت ۰/۰۲M به میزان ۰/۸۳۹۶ گرم جدا کرده و به محلول‌های سالین با PH ۳ و ۵ در ظرف یک لیتری اضافه شد. محلول حاصل، محیط اسیدی با PH به ترتیب ۴/۲ یا ۶/۵ را به دست داد.^(۱۲،۱۶) یکی از دلایل اصلی انتخاب این مقادیر PH، استفاده از آنها در مقالات قبلی بوده است چراکه این امکان ایجاد میشود که بتوان مقایسه یافته‌ها را انجام داد و صحت آزمایشات را کنترل نمود.

نیمی از نمونه‌ها بدون شبیه‌سازی پخت پرسلن و نیمی دیگر بعد از شبیه‌سازی سیکل پخت پرسلن، به مدت ۷ روز در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در یک محیط بسته تیوب سانتریفیوژ استریل شامل ۷/۵ میلی لیتر محلول اسیدی با PH ۴/۲ یا ۶/۵ انکوبه شدند. در پایان این دوره، نمونه‌ها

برای انجام آزمایش، ۲۰ نمونه دیسکی شکل برای ایجاد ابعاد نهایی با ضخامت ۳ میلی متر و قطر ۱۰ میلی متر با احتساب انقباض بعد از سینتر شدن طراحی و در حالت گرین استیت تراش داده شد. پس از یکسان سازی و تأیید اندازه نمونه‌ها طبق دستور کارخانه سازنده، نمونه‌ها تحت گاز آرگون سینتر گردید.^(۱۶) نمونه‌ها بعد از آماده شدن با ماشین پالیش، پالیش شدند و با یک مجموعه کاغذهای سیلیکون کارباید (۱۸۰-۶۰۰-۴۰۰ و ۱۲۰۰ گریت) آماده سازی شدند. پس از انجام پالیش نرم در مرحله آخر، نمونه‌ها با دستگاه اولترا سونیک تمیز شده و در نهایت به مدت ۵ دقیقه در اتانول قرار گرفتند.^(۱۱)

برای اندازه‌گیری میزان آزاد شدن یون‌ها بعد از شبیه‌سازی سیکل پخت پرسلن، نیمی از نمونه‌ها از هر PH انتخاب شدند و تحت سیکل‌های حرارتی لازم در پخت متال-سرامیک در کوره پخت پرسلن قرار گرفتند.^(۱۱) نمونه‌ها در ۱۰۱۰ درجه سلسیوس در کوره پخت پرسلن تحت خلأ، برای ۵ دقیقه، دگاز شدند. سپس در دمای پخت اپک، در ۹۸۰ درجه سلسیوس تحت خلأ قرار گرفتند و در دمای اتاق، آلیاژ سرد شد. سپس در دمای پخت بادی ۹۷۰ درجه سلسیوس، تحت خلأ و سرد شدن در دمای اتاق

معنی‌داری از ۰/۰۵ بیشتر بود، بنابراین همه نمونه‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کردند.

برای مقایسه یافته‌ها بین گروه‌های مختلف آماری (نمونه‌ها در PH مختلف، در وضعیت پخت متفاوت)، از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه (ANOVA) استفاده شده است.

در مقایسه میزان آزادشدن یون کروم از آلیاژ سیترتون در PH برابر با ۴/۲ و ۶/۵، و در دو حالت با و بدون پخت بعد از ۷ روز، نتایج تحلیل آماری نشان داد که در هر دو مقدار PH پخت پرسنل می‌تواند باعث افزایش آزاد سازی یون کروم گردد که این افزایش معنادار بود. ($P < 0/05$)

از طرفی افزایش مقدار PH در آلیاژ بدون فرآیند شبیه سازی پخت، باعث کاهش آزادسازی یون کروم میگردد و این تغییرات از لحاظ آماری معنار می باشد ($P < 0/05$)، در حالی که در آلیاژ با پخت افزایش مقدار PH باعث افزایش مقدار آزادسازی یون کروم شده است، هرچند این تغییرات از لحاظ آماری معنادار نیست ($P > 0/05$).

جدول ۱ نشان دهنده نتایج تحلیل آماری از نرم افزار می باشد. همچنین در نمودار ۱ مقایسه نتایج به دست آمده، نشان داده شده است.

خارج و محلول برای بررسی میزان یون های آزاد شده (کروم، کبالت و مولیبدن) از آلیاژ سیترتون با روش اسپکتروسکوپی آنالیز شد.^(۸۱) لازم به توضیح است در مقالات قبلی، محققان عمدتاً دو دسته کوتاه مدت شامل ۲ ساعت تا کمتر از ۷۲ ساعت^(۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴) و یا میان مدت شامل یک تا ۱۴ روز را برای آزمایش انتخاب کرده اند.^(۱۱، ۹) دلیل اصلی انتخاب دوره زمانی ۷ روزه برای انجام آزمایش، در نظر گرفتن مدت زمان مشابه در مقالات قبلی بوده است که این امکان ایجاد میشود که بتوان مقایسه یافته‌ها را انجام داد و صحت آزمایشات را کنترل نمود.

لازم به توضیح است که نمونه‌های با و بدون پخت، نمونه‌های جداگانه ای هستند و بعد از انجام فرآیند آزمایش به دلیل تغییرات شیمیایی که روی آنها صورت گرفته است، استفاده مجدد نشدند.

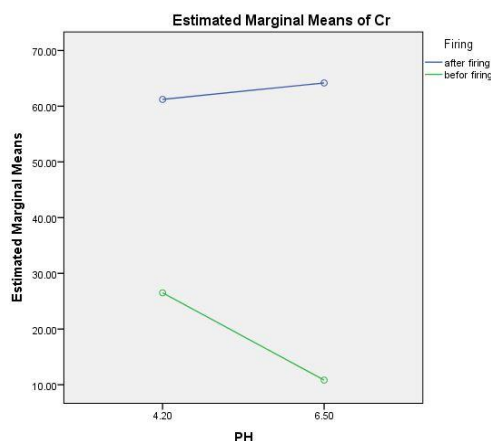
یافته‌ها

بررسی نرمال بودن گروه‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف انجام شد. نتایج این آزمون نشان داد در همه موارد مقدار احتمال آماره K_s یعنی مقدار

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار آزاد سازی یون کروم در گروه‌های تحت مطالعه

PH	تعداد نمونه	قبل از پخت	بعد از پخت	تفاوت	P-value
PH = ۴/۲	۵	۲۶/۵ ± ۲/۵۷	۶۱/۲۲ ± ۲۷/۱۴	۳۴/۷۲ ± ۱۲/۱۸	۰/۰۴۶
PH = ۶/۵	۵	۱۰/۸۳ ± ۴/۸۰	۶۴/۱۸ ± ۲۹/۵۳	۵۳/۳۴ ± ۲۵/۲۵	۰/۰۰۹
		۰/۰۰۷	۰/۸۹۳	> ۰/۰۵	-
	P-value				

داده‌ها به وسیله انحراف معیار \pm میانگین توصیف شده اند.



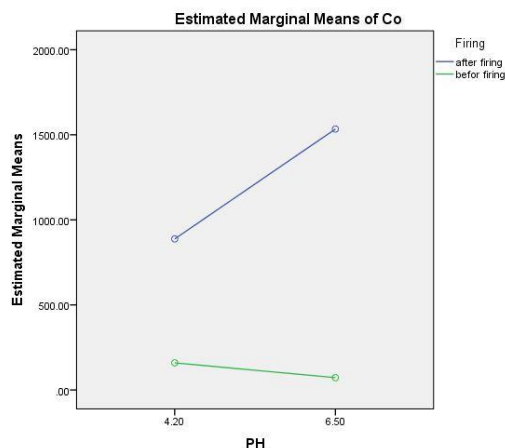
نمودار ۱: نتایج تحلیل آماری مقایسه ای آزاد سازی یون کروم (خروجی نرم افزار SPSS)

در حالی که در آلیاژ با پخت افزایش مقدار PH باعث افزایش مقدار آزادسازی یون کبالت شده است و این تغییرات از لحاظ آماری معنادار بود ($P < 0.050$). جدول ۲ نشان دهنده نتایج تحلیل آماری از نرم افزار میباشد. همچنین در نمودار ۲ مقایسه نتایج به دست آمده نشان داده شده است.

در مقایسه میزان آزاد شدن یون کبالت از آلیاژ سیترون در PH برابر با ۴/۲ و ۶/۵ در دو حالت با و بدون پخت بعد از ۷ روز، نتایج تحلیل آماری نشان داد که پخت پرسلن میتواند باعث افزایش آزادسازی یون کبالت گردد که این افزایش معنادار بود ($P < 0.050$). از طرفی افزایش مقدار PH در آلیاژ بدون فرآیند شبیه سازی پخت باعث کاهش آزادسازی یون کبالت میگردد،

جدول ۲: نتایج تحلیل آماری مقایسه ای آزاد سازی یون کبالت

P-value	تفاوت	میانگین \pm انحراف معیار		تعداد نمونه	PH
		بعد از پخت	قبل از پخت		
۰/۰۰۳	$۷۲۸/۶ \pm ۱۰۹/۷۱$	$۸۸۸/۰ \pm ۲۴۹/۲۴$	$۱۵۹/۴ \pm ۱۰/۵۳$	۵	PH = ۴/۲
۰/۰۰۹	$۱۴۶۱/۵۲ \pm ۶۹۳/۶۶$	$۱۵۳۴/۰ \pm ۶۹۹/۸۱$	$۷۲/۴۸ \pm ۱۶/۹۷$	۵	PH = ۶/۵
-	$p < ۰/۰۵$	۰/۰۴۷	۰/۰۰۱		P-value



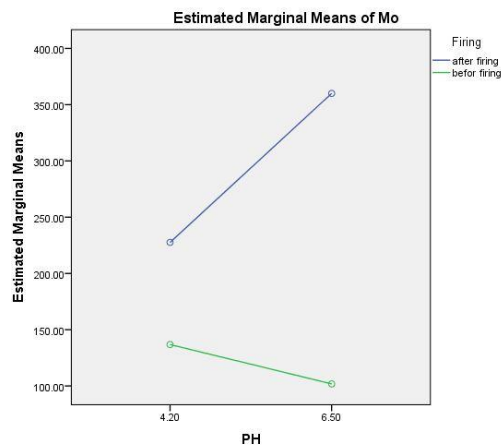
نمودار ۲: نتایج تحلیل آماری مقایسه‌ی آزادسازی یون کبالت (خروجی نرم افزار SPSS)

می‌گردد هر چند که این تغییر معنادار نمی‌باشد ($P > 0.05$)، در حالی که در آلیاژ با پخت، افزایش مقدار PH باعث افزایش مقدار آزادسازی یون مولیبدن شده است و این تغییرات از لحاظ آماری معنادار بود ($P < 0.05$). جدول ۳ نشان دهنده نتایج تحلیل آماری از نرم افزار میبشود. همچنین در نمودار ۳ مقایسه نتایج به دست آمده نشان داده شده است.

از سوی دیگر با مقایسه میزان آزاد شدن یون مولیبدن از آلیاژ سیترون در PH برابر با $4/2$ و $6/5$ در دو حالت با و بدون پخت بعد از ۷ روز، نتایج تحلیل آماری نشان داد که پخت پرسن می‌تواند باعث افزایش آزادسازی یون مولیبدن گردد که این افزایش در $PH = 2/4$ معنادار می‌باشد ($P < 0.05$) ولی در $PH = 6/5$ معنادار نبود ($P > 0.05$). از طرفی افزایش مقدار PH در آلیاژ بدون فرآیند شبیه سازی، پخت باعث کاهش آزادسازی یون مولیبدن

جدول ۳: نتایج تحلیل آماری مقایسه‌ی آزاد سازی یون مولیبدن

P-value	تفاوت	میانگین \pm انحراف معیار		تعداد نمونه	PH
		بعد از پخت	قبل از پخت		
۰/۱۲۱	۱۰۳/۴۶ \pm ۴۶/۳۱	۲۲۷/۶ \pm ۱۰۲/۸۵	۱۳۶/۸ \pm ۱۷/۳۶	۵	PH = ۴/۲
۰/۰۰۷	۲۵۸/۱۴ \pm ۱۱۳/۹	۳۶۰/۰ \pm ۱۱۰/۹۱	۱۰۱/۸۶ \pm ۵۹/۸۰	۵	PH = ۶/۵
		۱۳۲/۴۰ \pm ۱۲۸/۰۶	-۳۴/۹۴ \pm ۶۱/۹۷		تفاوت
		۰/۰۳۲	۰/۲۷۶		P-value



نمودار ۳: نتایج تحلیل آماری مقایسه ای آزادسازی یون کبالت (خروجی نرم افزار SPSS)

بحث

بود. (۱۳ و ۲۶) تاکنون هیچ مطالعه‌ای تأثیر این دو PH به هنگام الکتروپالیش بر خصوصیات آلیاژ سینترون که موجب آزادسازی یون‌های کروم، کبالت و مولیبدن، با و بدون شبیه سازی پخت پرسن، می‌شود را بعد از مدت ۷ روز، مورد بررسی قرار نداده است. زمان مورد بررسی در این مطالعه براساس مطالعات مشابه در بررسی سایر فاکتورهای مؤثر بر آزادسازی یون از آلیاژهای دندانپزشکی در نظر گرفته شده است. (۴) در این مطالعه انتخاب حجم محلول اسیدی (۷/۵ میلی لیتر) و نحوه آماده سازی آن و همچنین اندازه و شکل نمونه‌ها بر اساس مطالعات مشابه انجام گرفت. (۱۳ و ۲۷) برخی مطالعات تأکید می‌کنند که پروسه ساخت ممکن است روی خواص نهایی پروتز از قبیل آزادسازی یون‌ها تأثیرگذار باشد؛ بنابراین مهم است که یک پروتکل استاندارد جهت آماده‌سازی آلیاژها وجود داشته باشد. (۹) در این مطالعه نمونه‌ها با توجه به مقالات مشابه به روش استاندارد کدکم با احتساب انقباض بعد از سینتر شدن در حالت گرین استیت تراش داده شدند و بعد از یکسان سازی و تأیید اندازه نمونه‌ها، تحت گاز آرگون سینتر شدند. (۲۸) در تحقیق حاضر، رفتار کروژن آلیاژ سینترون با و بدون شبیه سازی سیکل پخت پرسن بررسی شده است و نشان

زیست سازگاری آلیاژهای ریختگی دندانی مسئله بسیار مهمی در ساخت پروتزهای دندانی است، زیرا این آلیاژها به صورت طولانی مدت با بافت‌های دهان تماس دارند و همچنین در محیط دهان نیز وجود دارند. (۱۷) فلزات و آلیاژهایی که به عنوان جانشین طلا در دندانپزشکی به کار می‌روند، باید ویژگی‌های لازم را داشته باشند. ماهیت و طبیعت شیمیایی آن‌ها نباید سمی باشد و برای بیمار اثر حساسیت‌زایی داشته باشد. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آلیاژ بایستی به گونه‌ای باشد که به خوردگی مقاومت داشته باشد. یون‌های فلزی ناشی از کروژن پس از ورود به بدن تأثیرات بیولوژیکی مختلفی بر جای می‌گذارد. به همین دلیل نگرانی از جذب این یون‌ها در بدن همیشه وجود داشته است. (۱۷)

نتایج تحقیق رحمانی و همکاران (۲۵) نشان داد که آلیاژهای دندانی می‌توانند باعث تخریب سلولی شوند. هر چند که همواره باید بین منافع استفاده از آلیاژ یا مضرات حاصل از آزاد شدن عناصر، بررسی لازم صورت پذیرد. دو PH مورد استفاده جهت الکتروپالیش در این مطالعه، دو مقدار ۴/۲ و ۶/۵ مورد اشاره در برخی مطالعات

شرایط با و بدون شبیه سازی پخت پرسلن، بررسی شده است.

برای بررسی میزان یون آزاد شده در این مطالعه از روش اسپکتروسکوپی با جذب اتمی استفاده شد. زیرا این روش ساده، پر سرعت، با هزینه مقرون به صرفه و از لحاظ تکنیکی، با دقت است. از لحاظ حساسیت تکنیکی، دقت بالا و خطای پایین و حسن انتخاب بالایی دارد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میزان آزاد شدن یون های کروم، کبالت و مولیبدن بدون شبیه سازی سیکل پخت پرسلن در PH ۴/۲ نسبت به ۶/۵ افزایش یافت. این که چه عاملی باعث می شود پس از گذشت ۷ روز آزاد شدن یون ها در PH ۴/۲ بیشتر باشد، خاصیت خوردگی و کروژن بیشتر در شرایط اسیدی تر می باشد.

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که میزان آزاد شدن یون های کروم، کبالت و مولیبدن بعد از شبیه سازی سیکل پخت پرسلن در PH برابر با ۴/۲ نسبت به ۶/۵ کاهش یافته است. این که چه عاملی باعث می شود بعد از شبیه سازی سیکل پخت پرسلن، آزاد شدن یون ها در PH ۶/۵ بیشتر باشد، نیاز به بررسی بیشتری دارد ولی شاید یک دلیل آن تأثیر مخرب دمای پخت پرسلن بر کروژن و خصوصیات سطحی آلیاژ باشد.

همچنین نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در PH برابر با ۴/۲ و همچنین در PH برابر با ۶/۵، میزان آزاد شدن یون های کروم، کبالت و مولیبدن در حالت با پخت نسبت به بدون پخت افزایش یافت. این امر احتمالاً به دلیل تأثیر مخرب سیکل پخت پرسلن بر کروژن و خصوصیات سطحی آلیاژ باشد.

اگرچه آلیاژهای با پایه کروم-کبالت به عنوان آلیاژهای با مقاومت بالا به خوردگی شناخته می شوند ولی گزارش شده است حضور آلیاژهای قیمتی نظیر طلا و

داده شد که سیکل پخت پرسلن، میزان آزادسازی یون های کروم، کبالت و مولیبدن را افزایش داده است، که مشابه نتیجه Tamam و همکاران^(۱۲) روی آلیاژ W99 بود. مطالعه Tamam برخلاف مطالعه حاضر که در نرمال سالین اسیدی شده در PH ۴/۲ و ۶/۵ بود، در محیط هیدروژن پراکساید اسیدی شده در PH ۶/۵ انجام شد.

در تحقیق Sommitsch و همکاران^(۲۹) که جهت بررسی کروژن سیترتون، بعد از دو ساعت انجام شد، مشابه تحقیق حاضر، کروژن بیشتری در PH ۴/۲ نسبت به ۶/۵ اتفاق افتاد. افزایش دما و حرارت در طول پخت، ممکن است ترکیب اکسید های سطحی آلیاژ را تغییر دهد، که ممکن است به نوبه خود رفتار کروژن و واکنش بافت میزبان را تغییر دهند.^(۳۰) دمای پخت انتخاب شده در این مطالعه، شامل چهار مرحله لازم برای پخت پرسلن در پروسه ساخت PFM از ۹۵۰ تا ۱۰۱۰ درجه سلسیوس بود، که بدون قرار دادن پرسلن انجام شد.^(۳۰)

در تحقیق Qiu و همکاران^(۱۴) بر روی آلیاژهای کروم-کبالت و نیکل-کروم، بر روی آلیاژ سیترتون، افزایش قابل توجهی در خواص خوردگی آلیاژ، تحت فرآیند پخت، رخ نداد. این نتایج، با نتایج تحقیق حاضر در تناقض است. در تحقیق حاضر افزایش آزادسازی یون بعد از فرآیند پخت اتفاق افتاده است. احتمالاً این اختلاف نتایج ناشی از مدت زمان انجام آزمایش بوده است. زیرا در تحقیق کیو، مدت زمان انجام آزمایش کوتاه مدت بود، در حالی که در این تحقیق، مدت زمان آزمایش میان مدت در نظر گرفته شده است.

بنابراین سیکل پخت پرسلن، در رفتار کروژن آلیاژ سیترتون، تأثیر بسزایی دارد و در تحقیق حاضر میزان آزادسازی یون های کروم، کبالت و مولیبدن از این آلیاژ در

حاضر در نرمال سالین اسیدی شده در PH ۴/۲ و ۶/۵ انجام شد.

استاندارد ISO، نیاز به تست غوطه وری به همراه نتایج آزاد شدن یون ها دارد و به علاوه، نمونه ها بایستی در وضعیت ایده آل از لحاظ شرایط متالورژیک، جهت آزمایش باشند.^(۲۱)

در تحقیق Sagesen و همکاران^(۲) که به بررسی آزادسازی یون‌ها از آلیاژهای فلز - سرامیک در سه محیط مختلف پرداختند، نتایج نشان داد که آزاد سازی یون از آلیاژ، وابسته به مقدار PH در بزاق دهان است. در تحقیق حاضر نیز نتایج نشان داد که مقدار یونهای آزاد شده در شرایط با PH مختلف تفاوت معناداری دارد.

Rincic و همکاران^(۱۱) به بررسی آزادسازی یون های کروم-کبالت و مولیبدن از آلیاژهای دندانی در PH برابر با ۶ پرداختند. در این تحقیق نشانه های آزاد سازی یونها در بازه ۳۰ روزه شامل یونهای کبالت، کروم، آهن، روی و نیکل دیده شده که بیشترین مقدار آنها مربوط به کبالت بوده است. در تحقیق حاضر بیشترین مقدار آزاد سازی یون در PH برابر با ۶/۵ مربوط به کبالت با میانگین ۱۵۳۴ میکروگرم بر لیتر و مربوط به نمونه های با پخت میباشد که با نتایج آزمایشات محققان نام برده همخوانی دارد. به نظر، دلیل این موضوع این است که مدت زمان نمیتواند اثر معکوسی بر نتایج بگذارد. به همین دلیل نتایج ۷ روزه تحقیق حاضر با نتایج ۳۰ روزه مقاله محقق قبلی همخوانی دارد.

در خاتمه، پژوهش حاضر یک مطالعه آزمایشگاهی با دوره کوتاه مدت بوده که احتمالاً نمیتواند معرف مطالعات بالینی و آزمایشگاهی بلند مدت باشد. اگر چه یافته های مطالعات آزمایشگاهی کوتاه مدت اهمیت دارند، اما این یافته ها تنها می توانند بخشی از نمای سمیت یک آلیاژ را نشان دهند. همچنین به دلیل اینکه محیط آزمایش انجام شده

پالادیوم، باعث کاهش قابل مقایسه‌ی این مقاومت به خوردگی می‌شود.^(۳۱)

بعضی از عناصر آلیاژ به جهت بی ثباتی، بیش از عناصر دیگر شناخته می‌شوند، بعضی از ترکیبات می‌تواند منجر به تأثیرات سینرژیکی شود که بی ثباتی عناصر را تغییر می‌دهد و بنابراین باعث افزایش یا کاهش میزان آزادسازی یون می‌شود. نیکل، کروم، مولیبدیم و کبالت اثر کاهش دهنده‌ای بر میزان کروژن آلیاژهای بیس فلزی دارند، درحالی‌که آهن اثر افزایش دهنده‌ای دارد.^(۳)

در تحقیق Lucchetti و همکاران^(۹) نتایج، تفاوت آشکاری بین دو روش مختلف تولید نمونه شامل ریختگی و CAD/CAM نشان نداده است، بیشترین یون آزاد شده در شرایط اسیدی پایین تر و روش کستینگ بود. در تحقیق حاضر نتایج نشان داد نمونه های بدون پخت در محیط با اسیدیته بیشتر مقدار آزادسازی یونها را بیشتر میکند، ولی نمونه های با پخت شرایط برعکس شده و مقدار آزادسازی یونها در محیط با اسیدیته کمتر، بیشتر رخ داده بود. احتمالاً علت تفاوت ناشی از نوع ساخت آلیاژ باشد که این موضوع میتواند در تحقیقات کاملتری مورد بررسی قرار گیرد.

گزارش Kou و همکاران^(۱۴) نشان داد که مقاومت به کروژن آلیاژ نیکل-کروم-مولیبدن با حضور مقدار کمی برلیوم، در حد ۰/۶ درصد وزنی کاهش یافت. با توجه به این یافته، آلیاژ های کروم-کبالت و نیکل-کروم فاقد برلیوم، برای استفاده های کلینیکی ترجیح داده می شوند. در مطالعه حاضر نیز آلیاژ مورد نظر سینترون بود که فاقد برلیوم می باشد. همچنین در مطالعه Kou و همکاران^(۱۴) میزان آزاد شدن کبالت، بعد از پخت پرسنل افزایش یافت. در مطالعه حاضر نیز میزان آزاد شدن هر سه یون کروم، کبالت و مولیبدن با پخت افزایش یافت، که البته در مطالعه Kou، محیط مطالعه در بزاق مصنوعی با PH ۵ بود ولی مطالعه

همچنین با توجه به یافته‌ها میتوان نتیجه گرفت آزاد سازی تمامی یون‌ها در حالت با پخت نسبت به حالت بدون پخت هم در مقدار PH برابر با ۴/۲ و هم در مقدار PH برابر با ۶/۵ افزایش داشته است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش به راهنمایی گروه پروتزهای دندانی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان و همکاری مرکز تحقیقات معیار دانش پارس در دانشگاه آزاد اصفهان در سال ۱۳۹۹ انجام گردیده است. همچنین از لابراتوار محترم صاحبکار که در تهیه نمونه‌ها اینجانب را یاری نمودند قدردانی و سپاسگزاری میگردد.

متفاوت از شرایط محیطی دهان انسان میباشد، نمیتوان مقایسه دقیقی بین مقادیر یون‌های آزاد شده با مقادیر مجاز برای بدن انسان داشت.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های ارائه شده در بخش قبل میتوان نتایج را به صورت زیر خلاصه نمود:
با توجه به نتایج می‌توان گفت در حالت قبل از پخت مقدار آزاد شدن یونهای کروم، کبالت و مولیبدن در محیط‌های اسیدی بیشتر بوده است، این در حالی است که مقدار آزاد شدن این یونها بعد از پخت در محیط با PH بیشتر (محیط با اسیدیته کمتر) مقدار یون آزاد شده بیشتری داشته‌اند.

منابع

1. Saleh T, Andre Mars J, Thovhogi N, Gihwala D, Baleb A, Maaza M. Influence of Temperature and pH on Corrosion Resistance of Ni-Cr and Co-Cr Dental Alloys on Oral Environment. *Int J Dent Oral Health* 2015; 1(1):1-9.
2. Sagesen LM, Ergun G, Karabulut E. Ion release from metal- ceramic alloys in three different media. *Dental Materials J* 2011; 30(5): 598-610.
3. Issa Y, Brunton P, Watersc M, Watts DC. Cytotoxicity of metal ions to human oligodendroglial cells and human gingival fibroblasts assessed by mitochondrial dehydrogenase activity. *Dent Mater* 2008; 24(2):281-7.
4. Wataha JC, Lockwood PE, Khajotia SS, Turner R. Effect of pH on element release from dental casting alloys. *J Prosthet Dent* 1998; 80(6):691-8.
5. Podariu AC, Papovici AR, Rosianu RS, Oancea R. Comparative study on nickel and chromium salivary concentration in patients with prosthetic restorations on metallic frame. *University Of Medicine and Pharmacy* 2013; 64(9):971-73.
6. Asad zadeh A, Ghorbanian Fard F, Ghaemi D. Investigation of the effect of repeated baking of porcelain on kerogen resistance and surface properties of base metal alloys. *J Mashhad Dent Sch* 2010; 43(3)
7. Baričević M, Ratkaj I, Mladinić M, Zelježić D, Kraljević SP, Lončar B, et al. In vivo assessment of DNA damage induced in oral mucosa cells by fixed and removable metal prosthodontic. *Clin Oral Investig* 2012; 16(1):325-31.
8. Schille C, Schweizer E, Hoffmann R, Noack F, Geis-Gerstorfer J. Influence of Different pH and Fluoride Addition on the Corrosion Behavior of the Sintered CoCr Alloy Ceramill Sintron Compared to the Cast Alloy Girobond NB. *Mater Sci Forum* 2016; 879:1709-1714.
9. Lucchetti MC, Fratto G, Valeriani F, De Vittori E, Giampaoli S, Papetti P, et al. Cobalt chromium alloys in dentistry: An evaluation of metal ion release. *J Prosthet Dent* 2015; 114(4):602-8.
10. Ristic L, Vucevic D, Radovic L, Djordjevic S, Nikacevic M, Colic M. Corrosive and cytotoxic properties of compact specimens and microparticles of Ni-Cr dental alloy. *J Prosthodont* 2014; 23(3):221-6.
11. Badovinac A, Celebic A, Baucic I, Stipetic J, Prohic E, Miko S. The Release of Ions from the Base Co-Cr-Mo Casting Alloy in vitro into the Phosphate Buffer at pH 6.0. *Acta Stomat Croat* 2003; 37(1):13-16.
12. Tamam E, Aydın A, Bilgic S. The Effect of Porcelain Firing on Electrochemical Behavior of a Dental Alloy in Hydrogen Peroxide. *J Prosthodont* 2015; 24:401-406.
13. Zeng L, Xiang N, Wei B. A comparison of corrosion resistance of cobalt-chromium-molybdenum metal ceramic alloy fabricated with selective, laser melting and traditional processing. *J Prosthet Dent* 2014; 112(5):1217-24.

14. Qiu J, Yu WQ, Zhang FQ, Smales RJ, Zhang YL, Lu CH. Corrosion behaviour and surface analysis of a Co–Cr and two Ni–Cr dental alloys before and after simulated porcelain firing. *Eur J Oral Sci* 2011; 119(1):93-101.
15. Nakhaei M, Madani A, Ansari Astaneh P, Bagheri H, Alavi S. Influence of Silica-Lasing Method on the Bond Strength of Composite Resin to Ni-Cr Alloy: Comparison of CO2 and Nd:YAG Lasers. *J Mashhad Dent Sch* 2016; 40(1):83-92
16. Schille C, Schweizer E, Hoffmann R, Noack F, Geis-Gerstorfer J. Influence of Different pH and Fluoride Addition on the Corrosion Behavior of the Sintered CoCr Alloy Ceramill Sintron Compared to the Cast Alloy Girobond NB: *Materials Science Forum*;2016 .p. 1709-1714.
17. Pangi AM, Shetty M, Prasad DK, Kanathila H. The release of elements from the base metal alloys in a protein containing biologic environments and artificial saliva-An invitro study. *J Clin Diagn Res* 2016; 10(1):23-7.
18. Bumgardner JD, Johansson BI. Effects of titanium-dental restorative alloy galvanic couples on cultured cells. *J Biomed Mater Res* 1998; 43(2):184-91.
19. Bayne SC. Correlation of clinical performance with ‘in vitro tests’ of restorative dental materials that use polymer-based matrices. *Dent Mater* 2012; 28(1):52-71.
20. Bayramoğlu G, Alemdaroğlu T, Kedici S, Aksüt AA. The effect of pH on the corrosion of dental metal alloys. *J Oral Rehabil* 2000; 27(7):563-75.
21. Rinčić N, Baučić I, Miko S, Papić M, Prohić E. Corrosion behaviour of the Co-Cr-Mo dental alloy in solutions of different composition and different pH values. *Coll Antropol* 2003; 27(2):99-106.
22. Bhaskar V, Reddy VVS. Biodegradation of nickel and chromium from space maintainers: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2010; 28(1):6-12.
23. Hjalmarsson L, Smedberg JI, Wennerberg A. Material degradation in implant-retained cobalt-chrome and titanium frameworks. *J Oral Rehabil* 2011; 38(1):61-71.
24. Karbasi. A, Yabiati. A. Environmental geochemistry . Tehran: Kavosh publisher; 2001.
25. Rahmani M, Mahabadi M, Goharifar A. Evaluation of the Biocompatibility of Base Metal and Noble Alloys on Human Gingival Fibroblast. *J Mashhad Dent Sch* 2020; 44(2):138-48.
26. Jamilian A, Moghaddas O, Toopchi S, Perillo L. Comparison of nickel and Chromium ions released from stainless steel and NiTi wires after immersion in oral B, Orthokin and artificial saliva. *J contemp Dent Pract* 2014; 15(4):403-6.
27. Schille C, Schweizer E, Hoffmann R, Noack F, Geis-Gerstorfer J. Influence of Different pH and Fluoride Addition on the Corrosion Behavior of the Sintered CoCr Alloy Ceramill Sintron Compared to the Cast Alloy Girobond NB: *Materials Science Forum*;2016 .p. 1709-1714.
28. El Sawy AA, Shaarawy MA. Evaluation of Metal Ion Release from Ti6Al4V and Co-Cr-Mo Casting Alloys: In Vivo and In Vitro Study. *J Prosthodont* 2014; 23(2):89-97.
29. Sommitsch. C, Ionescu. M, Mishra. B, Kozeschnik. M. X , Chandra. T, 2016, Influence of Different pH and Fluoride Addition on the Corrosion Behavior of the Sintered CoCr Alloy Ceramill Sintron Compared to the Cast Alloy Girobond NB, *Materials Science Forum*, vol 879, pp. 1709-1714.
30. Sampaio NAS, Silva JWJ, Acciari HA, Nakazato RZ, Codaro EN, de Felipe H. Influence of Ni and Cr Content on Corrosion Resistance of Ni-Cr-Mo Alloys for Fixed Dental Prostheses in 0.05% NaF Aqueous Solution. *Mater Sci Appl* 2010; 1(6):369-372.
31. Momeni Danaei S, Safavi A, Roeinpeikar M, Oshagh M, Iranpour S, Omidekhoda M. Ion release from orthodontic brackets in 3 mouthwashes: An in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139(6):730-4.