Ministry of Science, Research and Technology
Institute for Color Science & Technology

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
Journal of Color Science and Technology, 17, 4(2024), 341-363
Article type: Research article
Open access

نشریه علمی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

Statistical Analysis and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Lipstick Brands in the Iran Markets

Shohre Rouhani[*1], Kamaladin Gharanjig[1], Alireza Mahmoudi Nahavandi[2], Seyed Masoud Etezad[2]
1- Department of Organic Colorants, Institute for Color Science and Technology, P. O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.
2- Department of Color Imaging and Color Image Processing, Institute for Color Science and Technology, P. O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.
3- Department of Environmental Research, Institute for Color Science and Technology, P. O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 20-11-2023
Accepted: 21-01-2024
Available online: 09-03-2024
Print ISSN: 1735-8779
Online ISSN: 2383-2169

DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.4.5.0

Keywords:
Lipstick
Heavy Metals
Toxicity
Iran
Risk Assessment
Statistical analysis

ABSTRACT

Considering the development of cosmetic products in Iran, the presence of heavy metals directly and indirectly (in the form of an organometallic color), side effects (skin allergies) and the risk of being carcinogenic have caused these colors to be considered and investigated by researchers. The purpose of this study, which was conducted by randomly selecting five Iranian brands in Tehran, is to determine the amount of heavy metals in the mentioned samples. This study was conducted on 20 samples from 4 brands and 5 types of selected products produced in the country. The concentration of heavy metals (lead, nickel, chromium, arsenic, mercury and cadmium) was measured using induced mass (ICP MASS) after performing the steps of acid digestion by plasma spectrometry. Statistical analysis was performed on the measured values, and the results showed that the concentration of heavy metals in 20 samples measured with three repetitions was less than 10 ppm and within the permissible limit. But the pollution level of brands is significantly different. Health risk assessment in exposure to heavy metals in terms of carcinogenicity and non-carcinogenicity was investigated in lipstick samples. The results showed that the risk of skin carcinogenesis through repeated use over time is serious and cannot be ignored.

***Corresponding author: * rouhani@icrc.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

نشریه علمی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه رنگ

دسترسی آنلاین: www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی علوم و فناوری رنگ/ ۱۷، (۱۴۰۲)۴، ۳۶۳ـ۳۴۱
نوع مقاله: پژوهشی
دسترسی آزاد

تحلیل آماری و ارزیابی خطر سلامت فلزات سنگین موجود در برندهای رژ لب در بازارهای ایران

شهره روحانی[1*]، کمال الدین قرنجیگ[2]، علیرضا محمودی[3]، سید مسعود اعتضاد[4]

۱ـ دانشیار، گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، پژوهشکده مواد رنگزا، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۲ـ استاد، گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، پژوهشکده مواد رنگزا، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۳ـ استادیار، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصویر، پژوهشکده فیزیک رنگ، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۴ـ استادیار، گروه پژوهشی گروه پژوهشی محیط‌زیست و رنگ، پژوهشکده مواد رنگزا، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱
در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹
شاپا چاپی: ۸۷۷۹-۱۷۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۱۶۹-۲۳۸۳

DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.4.5.0

واژه‌های کلیدی:
رژ لب
فلزات سنگین
سمیت
ایران
ارزیابی خطر سلامت
تحلیل آماری

چکیده

با توجه به توسعه محصولات آرایشی در ایران، وجود فلزات سنگین به صورت مستقیم و غیرمستقیم (به صورت یک رنگزای آلی فلزی)، داشتن عوارضی جانبی (حساسیت‌های پوستی) و خطر سرطان‌زا بودن موجب شده است این رنگزاها مورد توجه و بررسی پژوهشگران قرار گیرند. هدف از این مطالعه که با انتخاب تصادفی پنج برند ایرانی در سطح شهر تهران انجام گرفت تعیین میزان فلزات سنگین در نمونه‌های مذکور است. این بررسی روی ۲۰ نمونه از ۴ برند و در ۵ فام در محصولات انتخابی تولید شده در داخل کشور انجام شد. غلظت فلزات سنگین (سرب، نیکل،کرم، آرسنیک، جیوه و کادمیم) پس از انجام مراحل هضم اسیدی به روش طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی (ICP MASS) اندازه‌گیری شدند. تحلیل آماری بر روی مقادیر اندازه‌گیری شده انجام شد و نتایج بدست آمده نشان داد که غلظت فلزات سنگین در ۲۰ نمونه اندازه‌گیری شده با سه بار تکرار کمتر از ppm ۱۰ و در حد مجاز بوده است. اما میزان آلودگی برندها به طور معنی‌داری متفاوت است. ارزیابی خطر سلامت در مواجهه با فلزات سنگین از لحاظ سرطان زایی و غیر سرطان‌زایی در نمونه‌های رژ لب بررسی شد. نتایج نشان داد امکان خطر سرطان‌زایی از طریق پوست در استفاده‌های مکرر و در طول زمان بسیار جدی بوده و نمی‌توان آن‌را نادیده گرفت.

***Corresponding author: * rouhani@icrc.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱ــ مقدمه

تاریخچه استفاده از لوازم آرایش به ویژه محصولات آرایشی زینتی به بیش از ۶۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد و تقریباً در همه جوامع استفاده از آنها رایج بوده است. جستجوهای باستان‌شناسی به ما نشان می‌دهد که استفاده از ترکیبات رنگی طبیعی برای رنگ کردن مو، ناخن و پوست در میان جوامع بدوی مرسوم بوده است (۱). از اولین مواد آرایشی می‌توان سرمه و رژ لب را نام برد. مواد رنگی و آرایشی از ریشه درختان، برگ و کلاً مواد گیاهی و معدنی تهیه می‌گردید. رژ لب یکی از پرمصرف‌ترین محصولات آرایشی است که تقریبا به صورت روزمره و تمامی طیف‌های سنی زنان استفاده می‌شود. حدود ۵۰۰۰ سال پیش زنان و مردان سومری باستان احتمالاً اولین کسانی بودند که رژ لب اختراع و استفاده کردند. آنها سنگ‌های قیمتی را خرد کرده و از آنها برای تزئین صورت خود، عمدتاً روی لب‌ها و اطراف چشم، استفاده می‌کردند (۳، ۲). مصری‌ها مانند کلئوپاترا از حشرات خرد شده (کارمین) برای ایجاد رنگ قرمز روی لب‌های خود استفاده می‌کردند. مصریان باستان برای نشان دادن موقعیت اجتماعی و نه جنسیت از رژ لب استفاده می‌کردند. زنان در تمدن مینوی لب‌های خود را با مواد آرایشی قرمز روشن رنگ می‌کردند. رنگ لب در یونان باستان در ابتدا محدود به روسپی‌ها و کورتسان‌ها بود، اما بین سال‌های ۳۰۰ تا ۷۰۰ قبل از میلاد به طبقات بالای اجتماعی گسترش یافت. زنان یونانی لب‌های خود را با مواد آرایشی ساخته شده از رنگزاهای حاوی بنفش از توت خرد شده و رنگدانه سمی رنگ می‌کردند (۴). چینی‌ها بیش از ۱۰۰۰ سال پیش اولین رژ لب‌ها را با استفاده از موم تهیه کردند تا از پوست لطیف لب‌ها محافظت کند. انواع موم‌های رایج به کار رفته در رژ لب شامل موم زنبور عسل و موم نخل بود (۵).

امروزه استفاده از محصولات آرایشی در جوامع مختلف در میان مردم بویژه زنان و بخصوص از سنین پایین مورد توجه و مصرف قرار گرفته است که تولید و مصرف روزافزون آن را سبب شده است. مصرف انواع لوازم آرایشی و بهداشتی و یا بهره‌برداری از انواع تکنیک‌های قدیمی و مدرن برای حفظ جوانی، مراقب از زیبایی‌های ظاهری، افزایش جذابیت و جوان‌سازی پوست باعث شده است تا صنعت تولید فراوردهای آرایشی بهداشتی به‌عنوان یکی از سودآورترین و جذاب‌ترین حوزه‌های تجاری برای سرمایه‌گذاران جهان محسوب گردد. به دلیل توجه ویژه کشورهای شرقی به امر زیبایی و درمیان کشورهای جهان، کشور ایران بعد از کشور عربستان سعودی، دومین کشوری است که بازار مصرف بزرگ این ترکیبات را دارد. با این شرایط، توجه به جنبه‌های ایمنی محصولات تولیدی یا مواد اولیه وارداتی بایستی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌هایی باشد که در مرکز توجه تولیدکنندگان، واردکنندگان، سازمان‌های نظارتی و نهایتا مصرف کنندگان آن قرار می‌گیرد.

در اتحادیه اروپا رژ لب جزء لوازم آرایشی محسوب می‌شوند و تحت مقررات آرایشی اتحادیه اروپا تنظیم می‌شوند (۶). وزارت بهداشت مواد غذایی، دارویی و آرایشی ایالات متحده در سال ۱۹۳۸ سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA[1]) را به عنوان آژانس مسئول ایمنی محصولات مراقبت شخصی(PCP)[2] لوازم آرایشی تعیین کرد. تعریف ایالات متحده از محصولات مراقبت شخصی لوازم آرایشی تا حدودی متفاوت‌تر از اتحادیه اروپا است. موادی که به صورت مالشی، ریزشی، پاششی یا به صورت دیگری روی بدن انسان برای پاک‌سازی، زیباسازی، افزایش جذابیت یا تغییر ظاهر اعمال شوند، در محدوده این تعریف قرار می‌گیرند و صابون‌ها را شامل نمی‌شود (۸، ۷).

با توجه به وجود انواع مختلفی از مواد شیمیایی در رژ لب که به‌عنوان مواد تشکیل دهنده و برخی به عنوان نگهدارنده استفاده می‌شوند، نگرانی‌هایی در مورد وجود مواد شیمیایی مضر در این محصولات وجود دارد. امروزه موادی مانند فلزات سنگین در لوازم آرایشی بطور ناخواسته در حین فرایند تولید و یا در طی فرایند تولید تشکیل می‌شوند (۹). فلزات سنگین از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های محیطی هستند که بسیاری از آنها حتی در مقادیر کم برای انسان سمی هستند (۱۰). این نوع فلزات قادر به تولید رادیکال‌های آزاد و گونه‌های اکسیژن فعال بوده و به چرخه سلولی، بافت‌های سلولی و فعالیت‌های آنها آسیب می‌رسانند (۱۱). استفاده مداوم از محصولات آلوده منجر به تجمع سموم غیر متابولیزه شده در بافت هدف می‌شود و در نتیجه منجر به بروز انواع بیماری‌ها و عوارض می‌شود (۱۲).

آنوای یک طرفه روش آماری است که میانگین چند گروه از داده‌ها را با هم مقایسه می‌کند تا بررسی کند که آیا تفاوت معنی‌داری بین آنها وجود دارد یا خیر. اساس این کار بر اساس تجزیه و تحلیل واریانس است که متفاوت بودن داده‌ها را اندازه‌گیری می‌کند (۱۳). آنوای یک طرفه را می‌توان برای پاسخ به سؤالات تحقیقاتی مختلف در صنعت آرایشی و بهداشتی استفاده کرد، مانند تأثیر انواع مختلف محصولات، مواد تشکیل دهنده یا عوامل محیطی بر کیفیت، ایمنی یا اثربخشی لوازم آرایشی. به عنوان مثال، از آنوای یک طرفه برای مقایسه سطح فلزات سنگین در خون افرادی که از رژ لب‌های مختلف استفاده می‌کنند، یا رنگ، بو یا بافت رژ لب‌های ذخیره شده در دماهای مختلف استفاده شده است (۱۶-۱۴). برای انجام آنالیز واریانس یک طرفه، برخی از مفروضات و فرضیه‌ها باید بررسی شوند و برخی از آمارها مانند مجموع مجذورها، مجذور میانگین، نسبت F و مقدار p باید محاسبه شوند. این محاسبات را می‌توان در یک جدول آنوا ارائه کرد و برای نتیجه‌گیری در مورد سؤال تحقیق استفاده کرد. آنوای یک طرفه همچنین می‌تواند توسط آزمون‌های مقایسه‌ای متعدد دنبال شود که

1- FDA: US Food and Drug Administration
2- PCP: Personal Care Products

معمولا میانگین‌های جفت‌های خاصی از گروه‌ها را برای تشخیص اینکه کدام یک تفاوت قابل‌توجهی با یکدیگر دارند، مقایسه می‌کنند (مقایسه جفتی)[1] (۱۳). آنوای یک طرفه یک روش قدرتمند و پرکاربرد در صنعت آرایشی و بهداشتی و همچنین در سایر زمینه‌های علمی و مهندسی است (۱۶-۱۴).

در ساخت رژ لب معمولاً از رنگدانه‌های معدنی استفاده می‌شود که منجر به آلودگی محصولات آرایشی و بهداشتی به فلزات سنگین مانند مس، نیکل، کبالت، سرب، کروم، کادمیم و سایر عناصر می‌شود. این فلزات سنگین به صورت رنگدانه‌ها، مواد نگهدارنده، صافی‌های UV، ضدقارچی و ضدباکتری به بخشی از محصولات آرایشی اضافه می‌شوند (۱۷). عنصر آرسنیک اثرات نامطلوبی بر پوست و مو داشته و موجب ریزش مو و همچنین از بین رفتن ناخن‌ها می‌شود (۱۸). قرارگرفتن در معرض سرب حتی به نسبت کم، منجر به مشکلات جدی از جمله ایجاد آلرژی‌های پوستی می‌گردد (۱۹). اختلال در سیستم عصبی، اختلالات در دستگاه تولید مثل (۲۰) و بیماری قلبی ـ عروقی، استخوان، کبد، شکنندگی مو، ریزش مو و در اثر تجمع زیاد این فلز در بدن حتی انواعی از سرطان‌ها را موجب می‌گردد (۲۱). زنان باردار و کودکان از آسیب‌پذیرترین گروه‌ها در برابر آلودگی با سرب محسوب می‌شوند (۲۳ ،۲۲). سازمان جهانی بهداشت حد آستانه مجاز برای میزان سرب در کودکان را ۲۰-۱۵ میکروگرم در دسی‌لیتر و افراد بالغ را ۳۰-۲۰ میکروگرم در دسی‌لیترتعیین کرده است (۲۴). قرارگرفتن درمعرض سرب از راه تماس پوستی می‌تواند موجب مسمومیت گردد (۲۵). ماندن سرب به مدت طولانی روی پوست و یا تماس دائم آن با مخاط باعث بروز سرطان می‌شود (۲۶). مواد آرایشی نیز حاوی فلزات سنگین و بعضاً غیرضروری چون سرب می‌باشند. فلز سرب تأثیر زیادی در باقی‌ماندن پارافین و رنگزاهای زیبنده روی پوست دارد و هرچه میزان سرب بیشتر باشد، ماندگاری رنگ روی پوست نیز بیشتر می‌گردد. در رژلب‌ها ترکیبات سرب با هدف تثبیت کنندگی رنگ و نیز برای تولید فام قرمز استفاده می‌گردند (۲۸ ،۲۷).

کادمیم نیز بافت‌های قلب و رگ‌های خونی، کلیه‌ها، ریه‌ها، و مغز را مورد هدف قرار می‌دهد و در نتیجه بیماری‌های قلب، فشار خون، آسیب کبدی، تضعیف سیستم ایمنی بدن (۲۹) و تخریب استخوان را به دنبال دارد (۳۰). استانداردهای ارایه شده توسط سازمان غذا و داروی آمریکا حد مجاز سرب ppm ۲۰ تعریف شده است و طبق استانداردهای کانادا این حد کمتر از ppm ۱۰ معرفی شده است. استانداردهای بین‌المللی حد مجاز غلظت کروم، نیکل، آرسنیک، مس و روی را عموما براساس سرب می‌سنجند و این محدوده را بین ppm ۲۰ -۱۰ معرفی می‌کنند (۳۳-۳۱). جذب مقادیر پایینی از کادمیم در مدت زمان طولانی می‌تواند منجر به تجمع این فلز در کلیه‌ها و آسیب‌های احتمالی شود. قرار گرفتن مزمن در معرض مقادیر کم کادمیم نیز می‌تواند باعث شکننده‌شدن استخوان‌ها شود. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC[2]) کادمیم و ترکیبات آن را به‌عنوان عوامل سرطان‌زا برای انسان طبقه‌بندی کرده است (۳۴). استفاده از کادمیم در محصولات آرایشی و بهداشتی به دلیل خاصیت رنگی آن است و به عنوان رنگدانه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۵)

جیوه از راه تنفس، گوارش و نیز از طریق پوست قابل جذب می‌باشد، بخار جیوه به دستگاه اعصاب مرکزی صدمه می‌زند، اما هدف اصلی Hg^{+} کلیه‌ها و کبد است. تاکنون مدارک محدودی در ارتباط با سرطان‌زا بودن جیوه ارائه شده‌است. مطالعات جهانی نشان می‌دهند که در نتیجه تماس مستقیم یا استنشاق بخارات جیوه، اختلالات مختلفی به وجود می‌آید که برخی از آن‌ها عبارتند از: اختلال دستگاه خودایمنی، اختلال در عملکرد کلیه، ناباروری، تأثیرات منفی روی جنین، مشکلات رفتاری– عصبی، ناکارآمدی قلبی، آلزایمر، تأثیرات مخرب بر دستگاه عصبی مرکزی و محیطی. استنشاق mg/m^3 ۱ بخار جیوه به ریه‌ها، کلیه‌ها و دستگاه عصبی آسیب زده و باعث تحریک‌پذیری شدید، بی‌ثباتی احساس، لرزش، کاهش وزن، ورم لثه، سردرد، کاهش رشد، التهاب شش‌ها و آماس پوست می‌شود. این عوارض ممکن است در جمعیت‌های عمومی‌در مواجهه با mg/m^3 ۰,۱ نیز مشاهده گردد (۳۶).

آرسنیک تمایل زیادی به پوست و ساختارهای کراتینه مانند مو و ناخن داشته و اثرات نامطلوبی بر بدن دارد. انواع برآمدگی‌های پوستی، آلوپسیا یا ریزش مقطعی موی سر و به صورت سکه‌ای و خطوط ناخن و همچنین سرطان پوست از عوارض آرسنیک بر بدن است (۳۷).

نیکل یک فلز سرطان‌زا است که قرار گرفتن در معرض مزمن با آن با افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه، بیماری‌های قلبی عروقی و نقایص عصبی شده، هچنین نیکل به عنوان یک ماده حساسیت زا شناخته شده است که پوست به آن حساسیت نشان می‌دهد (۳۹ ،۳۸). کروم یکی دیگر از فلزات سنگین است که برای انسان خطرناک شناخته شده است. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) ترکیبات کروم شش‌ظرفیتی را به عنوان مواد سرطان‌زا برای انسان طبقه‌بندی کرده‌اند (۳۲). هر دو حالت اکسایشی کروم سه و شش ظرفیتی می‌توانند به عنوان هاپتن‌های بالقوه در ایجاد حساسیت تماسی عمل کنند (۴۰).

بنابراین، بررسی جنبه‌های مختلف ایمنی فراورده‌های ارایشی بهداشتی پر خطر ازجمله رژ لب و ارزیابی سمیت محصولات دارای مجوز ساخت یا واردات و یا به صورت فراورده‌های تقلبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق تحلیل آماری در مورد میزان انواع فلزات سمی موجود در فراورده‌های آرایشی رژ لب در چندین برند مطرح در سطح کشور ایران ارایه شده است.

1- Pairwise Comparison

2- IARC : International Agency for Research on Cancer

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد اولیه و تجهیزات

نمونه‌های رژ لب طبق جدول ۱ از منابع مختلف تجاری و به طور تصادفی در سه مرحله با فاصله‌های زمانی ۲ ماهه خریداری شدند. از دستگاه ICP MASS مدل Agilent 7500 ساخت کشور آمریکا برای تعیین مقدار فلزات موجود در نمونه‌های رژ لب استفاده شد. از طیف‌سنج انعکاسی مدل Spectrophotometr II Pro 2 برای بررسی ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها استفاده شد. نرم‌افزار SPSS V25 برای تحلیل آماری داده‌ها به کار گرفته شد.

۲ـ۲ـ اندازه‌گیری فلزات سنگین در رژ لب

برای بررسی مقدار فلزات سنگین موجود در نمونه‌های رژ لب موجود در بازار ایران، ابتدا ۴ نوع برند ایرانی و در ۵ نوع فام مختلف مطابق جدول ۱ خریداری شد. ویژگی‌های رنگی نمونه‌های رژ لب مورد بررسی در جداول a-d ۲ آمده است.

جدول ۱: برند و کد نمونه‌های رژ لب مورد بررسی.
Table 1: Brand and codes of used lipstick samples.

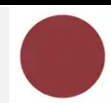
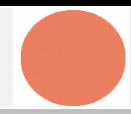
Lipstick brand	Lipstick Code				
My	My507	My102	My5021	My206	My401
Calista	CaL61	CaL62	CaL53	CaL58	CaL56
Inlay	In330	In6001	In680	In420	In210
Mero	Me101	Me112	Me102	Me111	Me105

جدول ۲: تصویر ویژگی‌های رنگی رژ لب‌های مورد بررسی.
Table 2: Color properties of used lipstick samples.

A					
Brand/Code	**My507**	**My102**	**My502**	**My206**	**My401**
My					
K/S	9.68 (550 nm)	4.12 (570 nm)	5.87 (540 nm)	5.35 (420 nm)	6.19 (520 nm)
L* (D65/10^0)	32.56	48.7	44.65	44.07	41.1
a*(D65/10^0)	24.8	26.72	30.54	25.45	28.62
b*(D65/10^0)	8.58	6.32	11.67	25.45	15.36
C*(D65/10^0)	26.24	27.46	32.7	30.45	32.49
h°(D65/10^0)	19.09	13.3	20.92	33.31	28.23
b					
Brand/Code	**CaL61**	**CaL62**	**CaL53**	**CaL58**	**CaL56**
Callista					
K/S	6.91 (520 nm)	10.31 (490 nm)	5.6 (420 nm)	9.25 (402 nm)	5.4 (540 nm)
L*(D65/10^0)	51.3	30.38	43.04	41.81	45.98
a*(D65/10^0)	52.47	22.3	19.98	40.6	34.65
b*(D65/10^0)	35.15	8.62	16.15	24.44	7.57
C*(D65/10^0)	63.15	23.91	25.7	47.39	35.47
h°(D65/10^0)	33.82	21.12	38.95	31.04	12.32

جدول ۲: ادامه.

Table 2: Continue.

c					
Brand/Code	**In330**	**In600**	**In680**	**In420**	**In210**
Inlay					
K/S	10.54 (420 nm)	5.61 (550 nm)	10.9 (420 nm)	3.4 (410 nm)	7.42 (550 nm)
L*(D65/10^0)	35.61	42.32	30.5	51.43	50.61
a*(D65/10^0)	31.74	32.36	16.68	18.58	55
b*(D65/10^0)	17.65	6.89	9.81	17.01	30.75
C*(D65/10^0)	36.31	33.08	19.35	25.19	63.01
h°(D65/10^0)	29.08	12.02	30.45	42.47	29.21
d					
Brand/Code	**Me101**	**Me112**	**Me102**	**Me111**	**Me105**
Mero					
K/S	11 (410 nm)	3.57 (540 nm)	6.68 (550 nm)	8.89 (530 nm)	8.1 (550 nm)
L*(D65/10^0)	40.93	51.24	45.71	38.6	36.39
a*(D65/10^0)	41.27	29.6	48.05	39	30.02
b*(D65/10^0)	27.73	15.67	3.33	16.08	6.35
C*(D65/10^0)	49.72	33.49	48.16	42.18	30.68
h°(D65/10^0)	33.9	27.89	3.97	22.41	11.94

۲ـ۳ـ آماده‌سازی نمونه‌ها

برای آماده‌سازی نمونه‌ها از روش هضم اسیدی استفاده گردید به این صورت که ابتدا یک گرم از هر نمونه در داخل ml ۱۰ حلال متشکل از ml ۵ اسید نیتریک (۶۵ درصد) و ml ۵ اسید کلریدریک (۳۲ درصد) به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از آن، نمونه‌ها در دمای بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد توسط گرم‌کن حرارت داده و پس از صاف کردن به حجم ml ۱۵رسانده شد. برای بررسی اثر تکرارپذیری از هر فام رنگی سه نمونه تهیه شد. نمونه‌ها برای اندازه-گیری عناصر سنگین کادمیم، سرب، آرسنیک، جیوه ،کروم و نیکل به روش ICP MASS اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

۳ـ نتایج و بحث

۳ـ۱ـ اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین با ICP

فلزات سنگین به علت خاصیت تجمع‌پذیری و از لحاظ زیستی غیرقابل تجزیه بودن سلامتی انسان را با خطر مواجهه می‌کنند (۴۱). وجود فلزات سنگین در محصولات آرایشی و تمایل به مصرف روز افزون محصولات آرایشی حتی در سنین پایین در ایران، توجه محققین را به سنجش میزان فلزات سنگین و آلودگی این نوع محصولات جلب کرده است. در این مطالعه به بررسی غلظت عناصر سرب، آرسنیک، جیوه، نیکل، کادمیم و کروم در ۴ برند ایرانی پرداخته شد. برای اندازه‌گیری فلزات سنگین در تعداد ۲۰ مورد نمونه رژ لب تهیه شد که با ۳ بار تکرار برای هر نمونه در مجموع ۶۰ داده برای مقدار هر فلز سنگین انتخاب شده در نمونه‌ها به دست آمد. جذب فلزات سنگین در محصولات آرایشی اکثرا از طریق پوست می‌باشد ولی در مورد محصولات آرایشی لب جذب از طریق بلع و سیستم گوارشی نیز حائز اهمیت است. همچنین میزان نفوذ و جذب فلزات مختلف نیز از راه پوست متفاوت می‌باشد. برای مثال جیوه قدرت نفوذ بسیار بالایی از طریق پوست دارد درحالی که سرب بیشتر از راه گوارش جذب می‌شود. میزان سرب جذب شده از راه پوست کمتر از ۱ درصد می‌باشد (۴۲). در این مطالعه نتایج به دست آمده از ۶۰ داده برای عنصرسرب، تمامی نمونه‌ها دارای مقدار کمتر از ppm ۰,۱ بود و بدین ترتیب زیر حد مجاز ppm ۱۰ بودند (جدول ۳). این بدان معنا است که نمونه‌های رژ

لب آزمایش شده از لحاظ حضور سرب به عنوان یک فلز سنگین دارای حد مجاز هستند. همچنین نتایج نشان داد میزان کادمیم در ۶۰ نمونه کمتر از ppm ۰,۱ بود. جدول ۳ نشان می‌دهد که کلیه نمونه‌های ازمایش شده، مطابق با استاندارد از لحاظ حضور کادمیم به عنوان یک فلز سنگین مجاز تشخیص داده شدند.

میزان جیوه در ۶۰ نمونه کمتر از ppm ۰,۱ بود. جدول ۴ نشان می‌دهد که کلیه نمونه‌های ازمایش شده، مطابق با استاندارد از لحاظ حضور جیوه به عنوان یک فلز سنگین در حد مجاز تشخیص داده شدند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت آرسنیک در نمونه‌های مختلف استفاده شده در محدوده مجاز قرار دارند. در این مطالعه مقدار نیکل اندازه‌گیری شده در ۶۰ نمونه نشان داد که تنها در ۸ نمونه مقدار نیکل کمتر از ppm ۰,۱ بوده و در ۵۲ نمونه مقدار آن بیش از ppm ۰,۱) بوده است. اما برای انجام تحلیل آماری داده‌های نیکل با توجه به نتایج به دست آمده به دلیل پراکندگی داده‌ها امکان انجام تحلیل آماری وجود نداشت و نیازمند بررسی عمیق‌تر و جمع‌آوری داده‌های بیشتر می‌باشد.

نتایج حاصل از داده‌های حضور کروم در محصولات رژ لب مورد آزمایش نشان داد مقدار قابل‌توجهی کروم در نمونه‌ها وجود دارد که می‌بایست مورد توجه قرار بگیرد. بنا براین تحلیل آماری بر روی نتایج این فلز به طور کامل اجرا شد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

جدول ۳: نتایج اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (ppm) با استفاده از روش ICP به تفکیک برند و کد.

Table 3: Heavy metal content (ppm) results by ICP method according to brand and code number.

Brand	Code	Seri 1						Seri 2						Seri 3					
		As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
Inlay	In330	<0.1	<0.1	0.23	<0.1	0.12	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.38	<0.1	1.52	<0.1
	In600	<0.1	<0.1	0.97	<0.1	0.25	<0.1	<0.1	<0.1	0.54	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.42	<0.1	0.24	<0.1
	In680	<0.1	<0.1	0.45	<0.1	1.8	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.75	<0.1	<0.1	<0.1	1.35	<0.1	0.18	<0.1
	In420	<0.1	<0.1	1.21	<0.1	2.55	<0.1	<0.1	<0.1	0.79	<0.1	1.69	<0.1	<0.1	0.11	1.48	<0.1	0.3	<0.1
Callista	CaL61	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.11	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.45	<0.1	0.52	<0.1
	CaL62	<0.1	<0.1	0.34	<0.1	1.38	<0.1	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	0.37	<0.1	0.5	<0.1
	CaL53	<0.1	<0.1	1.17	<0.1	1.37	<0.1	--	--	--	--	--	--	0.11	<0.1	4.23	<0.1	1.68	<0.1
	CaL58	<0.1	<0.1	0.26	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.89	<0.1	0.59	<0.1
	CaL56	<0.1	<0.1	0.24	<0.1	2.25	<0.1	<0.1	<0.1	0.12	<0.1	1.46	<0.1	<0.1	<0.1	1.08	<0.1	0.45	<0.1
My	My507	<0.1	<0.1	0.38	<0.1	0.63	<0.1	<0.1	<0.1	0.12	<0.1	0.26	<0.1	<0.1	<0.1	0.23	<0.1	0.26	<0.1
	My102	<0.1	<0.1	2.77	<0.1	1.44	<0.1	<0.1	<0.1	0.24	<0.1	0.35	<0.1	<0.1	<0.1	0.23	<0.1	0.44	-
	My502	<0.1	<0.1	0.47	<0.1	1.43	<0.1	<0.1	<0.1	0.25	<0.1	1.56	<0.1	<0.1	<0.1	0.97	<0.1	0.28	<0.1
	My206	<0.1	<0.1	0.31	<0.1	3.03	<0.1	<0.1	<0.1	0.36	<0.1	3.13	<0.1	<0.1	<0.1	0.37	<0.1	0.36	<0.1
	My401	<0.1	<0.1	0.11	<0.1	2.48	<0.1	<0.1	<0.1	0.11	<0.1	1.88	<0.1	<0.1	<0.1	0.81	<0.1	0.32	<0.1
	My601	<0.1	<0.1	0.24	<0.1	2.08	<0.1	--	--	--	--		--	<0.1	<0.1	0.39	<0.1	0.22	--
Mero	Me101	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.38	<0.1	0.26	<0.1	<0.1	<0.1	0.26	<0.1	0.48	<0.1
	Me112	<0.1	<0.1	1.27	<0.1	2.86	<0.1	<0.1	<0.1	0.99	<0.1	2.3	<0.1	<0.1	<0.1	0.44	<0.1	0.38	<0.1
	Me102	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3.46	<0.1	2.03	<0.1	<0.1	<0.1	0.25	<0.1	0.46	<0.1
	Me111	<0.1	<0.1	0.83	<0.1	0.96	<0.1	<0.1	<0.1	0.38	<0.1	0.51	<0.1	<0.1	<0.1	0.38	<0.1	0.4	<0.1
	Me105	<0.1	<0.1	1.53	<0.1	1.63	<0.1	<0.1	<0.1	1.15	<0.1	1.35	<0.1	<0.1	0.02	1.93	<0.1	2.34	<0.1

۳ـ۲ـ تحلیل آماری

نتایج بررسی‌های اولیه آماری داده‌های جدول ۳ برای کروم در جدول ۴ نشان داده شده است. در این جدول خطای استاندارد[1] برابر با $\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ و حدود اطمینان برابر با $\left(\mu \mp 2*\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ است و 95 % Confidence Interval فاصله‌ای است که به احتمال ۹۵ درصد میانگین نمونه‌ها در این فاصله قرار خواهد داشت. نتایج بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که میانگین غلظت کروم در نمونه‌ها در برخی برندها و همچنین در بعضی از فام‌ها در گستره غیر مجاز قرار می‌گیرند. برای مثال Cal 35 بین ۱,۹۴۱-۳,۴۹۵ قرار می‌گیرد که هر دو حد پایین و بالا در بالاتر از حد مجاز قرار گرفته است. در این بررسی مقادیر کروم برای اکثر نمونه‌ها در حد بالایی از حد مجاز گذشته است.

۳ـ۲ـ۱ـ آزمون آنوای یک طرفه روی نتایج ICP کروم

با توجه به اینکه مقدار کروم به طور واضح از حد مجاز بیشتر است، در این بخش مقایسه‌ای بین برندهای مختلف از لحاظ بالاتر بودن این عنصر انجام شد. بدین معنی که هدف بررسی تنها مقدار کروم در بین گروه‌ها است. بنابراین از تحلیل آنوای یک طرفه برای این منظور استفاده شد. نتایج در جدول ۵ آورده شده است.

1- Standard Error

جدول ۴: محاسبه مقادیر آماری اولیه مقادیر کروم موجود در نمونه‌های مورد بررسی.

Table 4: Calculation of the initial statistical values of the amounts of chromium present in the studied samples.

Brand	Mean	Standard. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
CaL53	2.700	.371	1.941	3.459
CaL56	.480	.303	-.140	1.100
CaL58	.575	.371	-.184	1.334
CaL61	.280	.371	-.479	1.039
CaL62	.355	.371	-.404	1.114
In330	.230	.525	-.843	1.303
In420	1.160	.303	.540	1.780
In600	.643	.303	.024	1.263
In680	.700	.303	.080	1.320
Me101	.320	.371	-.439	1.079
Me102	.250	.525	-.823	1.323
Me105	1.537	.303	.917	2.156
Me111	.530	.303	-.090	1.150
Me112	.900	.303	.280	1.520
My102	.235	.371	-.524	.994
My206	.347	.303	-.273	.966
My401	.343	.303	-.276	.963
My502	.563	.303	-.056	1.183
My507	.243	.303	-.376	.863
My601	.315	.371	-.444	1.074

جدول ۵: نتایج آنالیز آنوا روی مقادیر کروم موجود در نمونه‌های مورد بررسی.
Table 5: The results of ANOVA analysis on the amount of chromium present in the studied samples.

Dependent Variable: Cr					
Source	**Type III Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Corrected Model	14.522[a]	19	.764	2.774	.007
Intercept	17.614	1	17.614	63.936	.000
Brand	14.522	19	.764	2.774	.007
Error	7.989	29	.275		
Total	43.909	49			
Corrected Total	22.511	48			

a. R Squared = 0.645 (Adjusted R Squared = .413)

آزمون در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد انجام شده است، بدین معنی که زمانی که نتایج دارای $p< 0.05$ باشند بیانگر اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود تفاوت نتایج در برندهای مختلف معنی‌دار است ($p=0.007$). یعنی می‌توان با بررسی دقیق‌تر آلودگی بالاتر در نمونه‌های یک برند را نسبت به بقیه تعیین کرد. به منظور بررسی علت معنی داری معمولا آزمون پست هاک انجام می‌شود اما به این دلیل که در جدول ۳ برخی برندها کمتر از دو مشاهده دارند انجام این آزمون امکان‌پذیر نبود به همین دلیل آزمون دیگری به نام آزمون مقایسه جفتی[1] در این خصوص به کار گرفته شد.

۳ـ۲ـ۲ـ آزمون مقایسه جفتی روی نتایج ICP کروم در برندهای مختلف

در جدول ۶ نتایج آزمون مقایسه جفتی بین گروه‌های مختلف ارائه شده است. ستون اول این جدول برند مرجعی است که مقایسه با آن انجام می‌شود و ستون دوم برندی است که با برند مرجع مقایسه می‌شود. ستون سوم تفاوت میانگین کروم مشاهده شده در برند مرجع (I) با برند دیگر (J) است. روشن است که مثبت بودن مقادیر این ستون به معنای بیشتر بودن مقدار کروم در مرجع و منفی بودن به معنای کمتر بودن میزان کروم از برندی است که مقایسه با آن انجام می‌شود. ستون چهارم انحراف استاندارد تفاوت‌ها (I-J) است و ستون پنجم میزان معنی داری انحراف (ستون سوم) از صفر را نشان می‌دهد. کمتر بودن مقدار ستون پنجم از ۰،۰۵ به معنی معنی‌داری تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد و بیشتر بودن مقدار ستون پنجم از ۰،۰۵ به معنی بی‌معنی بودن این تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. در ستون سوم، در سطرهایی که تفاوت معنی‌دار بوده است یک علامت * درج شده است.

1- Pairwise Comparisons

جدول ۶: آزمون مقایسه جفتی روی فلز کروم در گروه‌های مختلف.
Table 6: Pairwise comparison test on chromium metal in different groups.

(I) Brand		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95 % Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
CaL53	CaL56	2.220*	0.4791	0.0001	1.2400	3.2000
	CaL58	2.125*	0.5249	0.0004	1.0515	3.1985
	CaL61	2.420*	0.5249	0.0001	1.3465	3.4935
	CaL62	2.345*	0.5249	0.0001	1.2715	3.4185
	In330	2.470*	0.6428	0.0006	1.1553	3.7847
	In420	1.540*	0.4791	0.0032	0.5600	2.5200
	In600	2.057*	0.4791	0.0002	1.0767	3.0366

جدول ۶: ادامه.

Table 6: Continue.

(I) Brand		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95 % Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
CaL53	In680	2.000*	0.4791	0.0002	1.0200	2.9800
	Me101	2.380*	0.5249	0.0001	1.3065	3.4535
	Me102	2.450*	0.6428	0.0007	1.1353	3.7647
	Me105	1.163*	0.4791	0.0216	0.1834	2.1433
	Me111	2.170*	0.4791	0.0001	1.1900	3.1500
	Me112	1.800*	0.4791	0.0008	0.8200	2.7800
	My102	2.465*	0.5249	0.0001	1.3915	3.5385
	My206	2.353*	0.4791	0.0000	1.3734	3.3333
	My401	2.357*	0.4791	0.0000	1.3767	3.3366
	My502	2.137*	0.4791	0.0001	1.1567	3.1166
	My507	2.457*	0.4791	0.0000	1.4767	3.4366
	My601	2.385*	0.5249	0.0001	1.3115	3.4585
CaL56	CaL53	-2.220*	0.4791	0.0001	-3.2000	-1.2400
	CaL58	-0.0950	0.4791	0.8442	-1.0750	0.8850
	CaL61	0.2000	0.4791	0.6794	-0.7800	1.1800
	CaL62	0.1250	0.4791	0.7960	-0.8550	1.1050
	In330	0.2500	0.6061	0.6830	-0.9896	1.4896
	In420	-0.6800	0.4286	0.1234	-1.5565	0.1965
	In600	-0.1633	0.4286	0.7059	-1.0398	0.7132
	In680	-0.2200	0.4286	0.6116	-1.0965	0.6565
	Me101	0.1600	0.4791	0.7408	-0.8200	1.1400
	Me102	0.2300	0.6061	0.7071	-1.0096	1.4696
	Me105	-1.057*	0.4286	0.0198	-1.9332	-0.1802
	Me111	-0.0500	0.4286	0.9079	-0.9265	0.8265
	Me112	-0.4200	0.4286	0.3352	-1.2965	0.4565
	My102	0.2450	0.4791	0.6130	-0.7350	1.2250
	My206	0.1333	0.4286	0.7579	-0.7432	1.0098
	My401	0.1367	0.4286	0.7521	-0.7398	1.0132
	My502	-0.0833	0.4286	0.8472	-0.9598	0.7932
	My507	0.2367	0.4286	0.5850	-0.6398	1.1132

جدول ۶: ادامه.

Table 6: Continue.

(I) Brand		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95 % Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
CaL58	CaL53	-2.125*	0.5249	0.0004	-3.1985	-1.0515
	CaL56	0.0950	0.4791	0.8442	-0.8850	1.0750
	CaL61	0.2950	0.5249	0.5784	-0.7785	1.3685
	CaL62	0.2200	0.5249	0.6782	-0.8535	1.2935
	In330	0.3450	0.6428	0.5956	-0.9697	1.6597
	In420	-0.5850	0.4791	0.2319	-1.5650	0.3950
	In600	-0.0683	0.4791	0.8876	-1.0483	0.9116
	In680	-0.1250	0.4791	0.7960	-1.1050	0.8550
	Me101	0.2550	0.5249	0.6307	-0.8185	1.3285
	Me102	0.3250	0.6428	0.6170	-0.9897	1.6397
	Me105	-0.9617	0.4791	0.0541	-1.9416	0.0183
	Me111	0.0450	0.4791	0.9258	-0.9350	1.0250
	Me112	-0.3250	0.4791	0.5030	-1.3050	0.6550
	My102	0.3400	0.5249	0.5222	-0.7335	1.4135
	My206	0.2283	0.4791	0.6373	-0.7516	1.2083
	My401	0.2317	0.4791	0.6324	-0.7483	1.2116
	My502	0.0117	0.4791	0.9807	-0.9683	0.9916
CaL61	CaL53	-2.420*	0.5249	0.0001	-3.4935	-1.3465
	CaL56	-0.2000	0.4791	0.6794	-1.1800	0.7800
	CaL58	-0.2950	0.5249	0.5784	-1.3685	0.7785
	CaL62	-0.0750	0.5249	0.8874	-1.1485	0.9985
	In330	0.0500	0.6428	0.9385	-1.2647	1.3647
	In420	-0.8800	0.4791	0.0765	-1.8600	0.1000
	In600	-0.3633	0.4791	0.4544	-1.3433	0.6166
	In680	-0.4200	0.4791	0.3879	-1.4000	0.5600
	Me101	-0.0400	0.5249	0.9398	-1.1135	1.0335
	Me102	0.0300	0.6428	0.9631	-1.2847	1.3447
	Me105	-1.257*	0.4791	0.0138	-2.2366	-0.2767
	Me111	-0.2500	0.4791	0.6058	-1.2300	0.7300
	Me112	-0.6200	0.4791	0.2059	-1.6000	0.3600
	My102	0.0450	0.5249	0.9323	-1.0285	1.1185
	My206	-0.0667	0.4791	0.8903	-1.0466	0.9133
	My401	-0.0633	0.4791	0.8958	-1.0433	0.9166

جدول ۶: ادامه.

Table 6: Continue.

(I) Brand		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95 % Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
CaL62	CaL53	-2.345*	0.5249	0.0001	-3.4185	-1.2715
	CaL56	-0.1250	0.4791	0.7960	-1.1050	0.8550
	CaL58	-0.2200	0.5249	0.6782	-1.2935	0.8535
	CaL61	0.0750	0.5249	0.8874	-0.9985	1.1485
	In330	0.1250	0.6428	0.8472	-1.1897	1.4397
	In420	-0.8050	0.4791	0.1037	-1.7850	0.1750
	In600	-0.2883	0.4791	0.5520	-1.2683	0.6916
	In680	-0.3450	0.4791	0.4773	-1.3250	0.6350
	Me101	0.0350	0.5249	0.9473	-1.0385	1.1085
	Me102	0.1050	0.6428	0.8714	-1.2097	1.4197
	Me105	-1.182*	0.4791	0.0198	-2.1616	-0.2017
	Me111	-0.1750	0.4791	0.7176	-1.1550	0.8050
	Me112	-0.5450	0.4791	0.2647	-1.5250	0.4350
	My102	0.1200	0.5249	0.8208	-0.9535	1.1935
	My206	0.0083	0.4791	0.9862	-0.9716	0.9883
In330	CaL53	-2.470*	0.6428	0.0006	-3.7847	-1.1553
	CaL56	-0.2500	0.6061	0.6830	-1.4896	0.9896
	CaL58	-0.3450	0.6428	0.5956	-1.6597	0.9697
	CaL61	-0.0500	0.6428	0.9385	-1.3647	1.2647
	CaL62	-0.1250	0.6428	0.8472	-1.4397	1.1897
	In420	-0.9300	0.6061	0.1358	-2.1696	0.3096
	In600	-0.4133	0.6061	0.5007	-1.6529	0.8262
	In680	-0.4700	0.6061	0.4443	-1.7096	0.7696
	Me101	-0.0900	0.6428	0.8896	-1.4047	1.2247
	Me102	-0.0200	0.7423	0.9787	-1.5381	1.4981
	Me105	-1.307*	0.6061	0.0395	-2.5462	-0.0671
	Me111	-0.3000	0.6061	0.6243	-1.5396	0.9396
	Me112	-0.6700	0.6061	0.2780	-1.9096	0.5696
	My102	-0.0050	0.6428	0.9938	-1.3197	1.3097

جدول ۶: ادامه.

Table 6: Continue.

(I) Brand		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
In420	CaL53	-1.540*	0.4791	0.0032	-2.5200	-0.5600
	CaL56	0.6800	0.4286	0.1234	-0.1965	1.5565
	CaL58	0.5850	0.4791	0.2319	-0.3950	1.5650
	CaL61	0.8800	0.4791	0.0765	-0.1000	1.8600
	CaL62	0.8050	0.4791	0.1037	-0.1750	1.7850
	In330	0.9300	0.6061	0.1358	-0.3096	2.1696
	In600	0.5167	0.4286	0.2377	-0.3598	1.3932
	In680	0.4600	0.4286	0.2920	-0.4165	1.3365
	Me101	0.8400	0.4791	0.0901	-0.1400	1.8200
	Me102	0.9100	0.6061	0.1440	-0.3296	2.1496
	Me105	-0.3767	0.4286	0.3867	-1.2532	0.4998
	Me111	0.6300	0.4286	0.1523	-0.2465	1.5065
	Me112	0.2600	0.4286	0.5488	-0.6165	1.1365
In600	CaL53	-2.057*	0.4791	0.0002	-3.0366	-1.0767
	CaL56	0.1633	0.4286	0.7059	-0.7132	1.0398
	CaL58	0.0683	0.4791	0.8876	-0.9116	1.0483
	CaL61	0.3633	0.4791	0.4544	-0.6166	1.3433
	CaL62	0.2883	0.4791	0.5520	-0.6916	1.2683
	In330	0.4133	0.6061	0.5007	-0.8262	1.6529
	In420	-0.5167	0.4286	0.2377	-1.3932	0.3598
	In680	-0.0567	0.4286	0.8957	-0.9332	0.8198
	Me101	0.3233	0.4791	0.5051	-0.6566	1.3033
	Me102	0.3933	0.6061	0.5215	-0.8462	1.6329
	Me105	-.893*	0.4286	0.0460	-1.7698	-0.0168
	Me111	0.1133	0.4286	0.7933	-0.7632	0.9898
In680	CaL53	-2.000*	0.4791	0.0002	-2.9800	-1.0200
	CaL56	0.2200	0.4286	0.6116	-0.6565	1.0965
	CaL58	0.1250	0.4791	0.7960	-0.8550	1.1050
	CaL61	0.4200	0.4791	0.3879	-0.5600	1.4000
	CaL62	0.3450	0.4791	0.4773	-0.6350	1.3250
	In330	0.4700	0.6061	0.4443	-0.7696	1.7096
	In420	-0.4600	0.4286	0.2920	-1.3365	0.4165
	In600	0.0567	0.4286	0.8957	-0.8198	0.9332
	Me101	0.3800	0.4791	0.4342	-0.6000	1.3600
	Me102	0.4500	0.6061	0.4638	-0.7896	1.6896
	Me105	-0.8367	0.4286	0.0606	-1.7132	0.0398

جدول ۶: ادامه.

Table 6: Continue.

(I) Brand		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
Me101	CaL53	-2.380*	0.5249	0.0001	-3.4535	-1.3065
	CaL56	-0.1600	0.4791	0.7408	-1.1400	0.8200
	CaL58	-0.2550	0.5249	0.6307	-1.3285	0.8185
	CaL61	0.0400	0.5249	0.9398	-1.0335	1.1135
	CaL62	-0.0350	0.5249	0.9473	-1.1085	1.0385
	In330	0.0900	0.6428	0.8896	-1.2247	1.4047
	In420	-0.8400	0.4791	0.0901	-1.8200	0.1400
	In600	-0.3233	0.4791	0.5051	-1.3033	0.6566
	In680	-0.3800	0.4791	0.4342	-1.3600	0.6000
	Me102	0.0700	0.6428	0.9140	-1.2447	1.3847
Me102	CaL53	-2.450*	0.6428	0.0007	-3.7647	-1.1353
	CaL56	-0.2300	0.6061	0.7071	-1.4696	1.0096
	CaL58	-0.3250	0.6428	0.6170	-1.6397	0.9897
	CaL61	-0.0300	0.6428	0.9631	-1.3447	1.2847
	CaL62	-0.1050	0.6428	0.8714	-1.4197	1.2097
	In330	0.0200	0.7423	0.9787	-1.4981	1.5381
	In420	-0.9100	0.6061	0.1440	-2.1496	0.3296
	In600	-0.3933	0.6061	0.5215	-1.6329	0.8462
	In680	-0.4500	0.6061	0.4638	-1.6896	0.7896
Me105	CaL53	-1.163*	0.4791	0.0216	-2.1433	-0.1834
	CaL56	1.057*	0.4286	0.0198	0.1802	1.9332
	CaL58	0.9617	0.4791	0.0541	-0.0183	1.9416
	CaL61	1.257*	0.4791	0.0138	0.2767	2.2366
	CaL62	1.182*	0.4791	0.0198	0.2017	2.1616
	In330	1.307*	0.6061	0.0395	0.0671	2.5462
	In420	0.3767	0.4286	0.3867	-0.4998	1.2532
	In600	.893*	0.4286	0.0460	0.0168	1.7698
Me111	CaL53	-2.170*	0.4791	0.0001	-3.1500	-1.1900
	CaL56	0.0500	0.4286	0.9079	-0.8265	0.9265
	CaL58	-0.0450	0.4791	0.9258	-1.0250	0.9350
	CaL61	0.2500	0.4791	0.6058	-0.7300	1.2300
	CaL62	0.1750	0.4791	0.7176	-0.8050	1.1550
	In330	0.3000	0.6061	0.6243	-0.9396	1.5396
	In420	-0.6300	0.4286	0.1523	-1.5065	0.2465

جدول ۶: ادامه.

Table 6: Continue.

(I) Brand		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
Me112	CaL53	-1.800*	0.4791	0.0008	-2.7800	-0.8200
	CaL56	0.4200	0.4286	0.3352	-0.4565	1.2965
	CaL58	0.3250	0.4791	0.5030	-0.6550	1.3050
	CaL61	0.6200	0.4791	0.2059	-0.3600	1.6000
	CaL62	0.5450	0.4791	0.2647	-0.4350	1.5250
	In330	0.6700	0.6061	0.2780	-0.5696	1.9096
My102	CaL53	-2.465*	0.5249	0.0001	-3.5385	-1.3915
	CaL56	-0.2450	0.4791	0.6130	-1.2250	0.7350
	CaL58	-0.3400	0.5249	0.5222	-1.4135	0.7335
	CaL61	-0.0450	0.5249	0.9323	-1.1185	1.0285
	CaL62	-0.1200	0.5249	0.8208	-1.1935	0.9535
My206	CaL53	-2.353*	0.4791	0.0000	-3.3333	-1.3734
	CaL56	-0.1333	0.4286	0.7579	-1.0098	0.7432
	CaL58	-0.2283	0.4791	0.6373	-1.2083	0.7516
	CaL61	0.0667	0.4791	0.8903	-0.9133	1.0466
My401	CaL53	-2.357*	0.4791	0.0000	-3.3366	-1.3767
	CaL56	-0.1367	0.4286	0.7521	-1.0132	0.7398
	CaL58	-0.2317	0.4791	0.6324	-1.2116	0.7483
My502	CaL53	-2.137*	0.4791	0.0001	-3.1166	-1.1567
	CaL56	0.0833	0.4286	0.8472	-0.7932	0.9598
My507	CaL53	-2.457*	0.4791	0.0000	-3.4366	-1.4767

Based on estimated marginal means

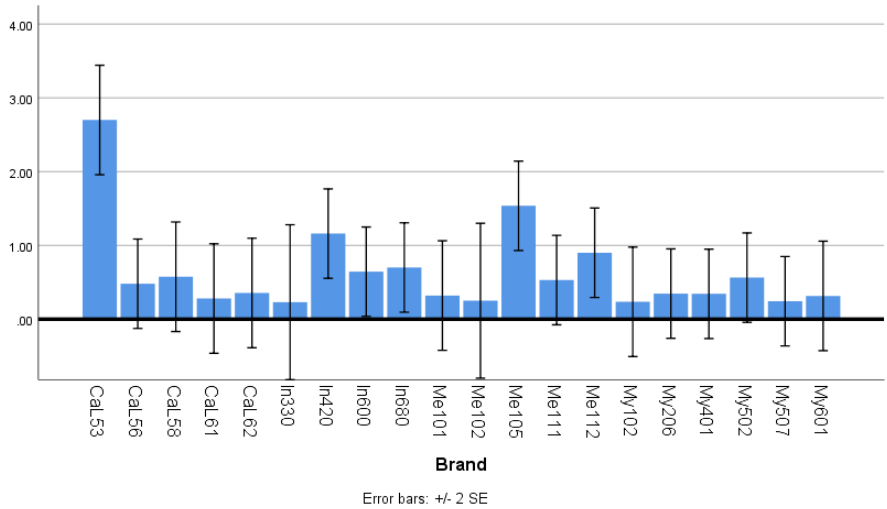
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

۱. برای درک بهتر نتایج حاصل از آزمون مقایسه جفتی نمودار شکل ۱، مقدار متوسط کروم در نمونه‌های مورد بررسی را نمایش داده است.

در شکل ۱ به طور واضح مشاهده می‌شود که برند CaL53 و Me105 بیشترین میزان تفاوت را با سایر برندها دارند و علت معنی‌داری تفاوت در میزان کروم (نتایج جدول ۵) این دو برند بوده‌اند. نتایج جدول ۶ نیز موید این مطلب است. بنابراین علاوه بر اینکه نمونه‌های تمامی برندها حاوی مقادیر بالاتر از ppm ۰,۱ کروم هستند، برندهای مختلف از لحاظ شدت آلودگی نیز با هم تفاوت معنی‌داری دارند. این تفاوت می‌تواند به کیفیت مواد اولیه، فرایند تولید و یا آلودگی خطوط تولید مربوط باشد. از طرفی همان‌طور که قبلا اشاره شد بررسی خصوصیات رنگی در جدول ۳ و نتایج آنالیزها نشان می‌دهد که ارتباط مشخصی بین فام نمونه‌ها و محتوی فلزات وجود ندارد.

گزارش‌های متعددی برای ارزیابی فلزات سنگین موجود در لوازم آرایشی متنوع در سطح شهرهای ایران ارایه شده است. تحقیقات مشابه برای بررسی فلزات سنگین موجود در رژ لب در چندین شهر ایران و در سال‌های مختلف انجام شده است. در هرکدام تاثیر عوامل متفاوتی بررسی شده است.



شکل ۱: مقادیر متوسط و انحراف استاندارد کروم مشاهده شده در برندهای مختلف.

Figure 1: Average values and standard deviation of chrome observed in different brands.

یک بررسی در سال ۱۳۸۹بر روی اندازه‌گیری غلظت سرب در رژ لب‌های مایع و جامد در سطح شهر کرمان توسط ملکوتیان انجام گرفته است. در این تحقیق مشخص شد که میزان سرب به ترتیب در نمونه جامد ۵۲۳,۳۴ و مایع ۳,۳۳ میکروگرم بر گرم بود.که علاوه بر اینکه بالاتر از حد مجاز است و نشان می‌دهد که حالت فیزیکی نمونه در میزان فلزات سنگین موثر است (۴۳). این مقادیر از میزان اندازه‌گیری شده کار حاضر بالاتر بود.

جورفی و همکارانش در سال ۲۰۱۹ تحقیقی در خصوص ارزیابی غلظت سرب و کادمیم در رژ لب و لوازم آرایشی مداد چشم در شهر اهواز انجام دادند (۱۵). در این کار تعیین غلظت سرب (Pb) و کادمیم (Cd) برای ۶۰ نمونه مختلف رژ لب و مداد چشم از سه برند رایج انتخاب و با استفاده از(ICP-OES) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج با مقادیر استاندارد توصیه شده توسط سازمان غذا و دارو (FDA) مقایسه شد. میانگین غلظت سرب و کادمیم به ترتیب ۴۱,۸۶ و ۵۳,۴۲ میکروگرم بر گرم بود. غلظت سرب در رژ لب بیشتر از کادمیم بود. نتایج کلی نشان داد که در تمامی برندها و رنگ‌های رژ لب، تنها ۳۳ درصد نمونه‌ها دارای محتوای سرب و ۴۴ درصد دارای غلظت Cd زیرحد مجاز FDA بودندکه از میزان اندازه‌گیری شده کار حاضر بالاتر بود.

در مطالعه‌ای دیگر ارزیابی ریسک فلزات سنگین در مواد آرایشی رژلب و رنگ مو توزیع شده در شهرسنندج در سال ۱۳۹۴ توسط داوری و همکارانش انجام شد. در این کار نیز از ۴ برند ایرانی و غیرایرانی رژلب و رنگ مو درسطح شهر سنندج، ۵۰ نمونه تهیه گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها با روش هضم اسیدی، میزان فلزات سنگین با استفاده از دستگاه ICP انجام شد. در این تحقیق دیده شد که بالاترین میزان غلظت فلزات سنگین به ترتیب مربوط به برندهای ایرانی و ترکیه و کمترین مربوط به برند آلمانی بوده است. در این میان میانگین فلزات کروم، مس، نیکل و سرب در رژ لب بالاتر از رنگ مو بوده است. نتایج این مطالعه نیز نشان داده که مقادیر زیر حد مجاز این عناصر از سوی سازمان بهداشت جهانی است. به عنوان مثال میزان سرب ۰,۰۸۳ میکروگرم بر گرم به دست آمد (۴۴).

تحقیقی مشابه بر روی ۷ برند رژ لب موجود در شهر اصفهان انجام شد که نشان داد میانگین غلظت کلی فلزات سنگین در گستره ۴,۰۸ الی ۶۰,۲۰ میکروگرم به ازای گرم بوده است که بالاتر از حد استاندارد است (۴۵).

بررسی‌های متعدد توسط محققین نشان می‌دهد که نوع کشور تولید کننده، شکل رژ لب جامد یا مایع و نوع لوازم آرایشی می‌توانند بر میزان فلزات سنگین موجود در محصولات آرایشی نقش داشته باشند. همچنین بررسی‌ها در دوره‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد که با گذشت زمان میانگین‌های به دست آمده تا حدودی کاهش پیدا کرده است. افزایش سطح آگاهی جامعه و افزاش تعهد و حساسیت شرکت‌های تولیدی در اجرای مقررات سازمان بهداشت جهانی امیدوارکننده است. کار حاضر نشان داد که اگرچه میزان فلزات سمی زیر حد مجاز هستند ولی میزان آلودگی در برندهای مختلف از لحاظ آماری مهم است.

۳ـ۳ـ ارزیابی خطر سلامت انسان در مواجهه با فلزات سنگین موجود در رژ لب

اگرچه میزان فلزات سنگین موجود در برندهای مورد مطالعه زیر حد مجاز قرار دارند معذالک به دلیل عادات مصرف در بین استفاده

کنندگان و مواجهه مکرر با مقادیر بالای این مواد در طول زمان، خطر ابتلا به سرطان مواد سمی را نباید نادیده گرفت. همچنین با توجه به اینکه فلزات سمی در رژلب از دو طریق، یکی از راه جذب پوستی و دیگری از راه بلع جذب بدن می‌شود، لذا بررسی این مواجهه با توجه به روش‌های استاندارد اهمیت دارد. به همین دلیل ارزیابی خطر سرطان‌زایی برای دو فلز نیکل و کروم در این تحقیق بررسی شده است.

دو مدل برای قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین با مصرف رژلب ها ارایه شده است، مسیرهای دهانی و پوستی. با در نظر گرفتن این دو مسیر، دو مدل ارزیابی ریسک توسط مدل کمیته علمی ایمنی مصرف‌کننده[1] (SCCS) (۴۶) و مدل آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده[2] (US EPA) ارایه شده است(۴۷) که در اینجا از مدل (US EPA) برای محاسبه خطرات مرتبط با حضور فلزات سنگین در این نوع لوازم آرایشی استفاده شده است.

۳ـ۳ـ۱ـ ارزیابی خطر سرطان‌زایی فلزات سنگین

مدل ارزیابی خطر سلامت EPA ایالات متحده شامل دو بخش سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا است (۴۷). در ابتدا میزان مصرف مزمن روزانه باید تعیین شود. برای رژ لب چون از دو مسیر ماده سمی می‌تواند جذب بدن شود پس باید هر دو مسیر بررسی شوند.

رابطه ۱ میزان مصرف روزانه مزمن[3] ($mg \cdot kg^{-1} \cdot day^{-1}$) را از طریق قرار گرفتن در معرض پوست (CDI_{dermal}) تعیین می کند، که در آن C غلظت فلز سنگین در رژ لب است،[4] ($mg \cdot kg^{-1}$) SA[5] ناحیه پوست در معرض دید است. (cm^2) ۴،۸ AF[6] عامل چسبندگی (۰،۱) ($mg \cdot cm^{-2}$) ABS یک عامل جذب پوستی بدون واحد است (۰،۱)، EF[7] تعداد دفعات قرار گرفتن در معرض ($day.year^{-1}$) ۳۵۰، ED[8] مدت زمان قرار گرفتن در معرض (year) ۳۰ است. BW[9] وزن بدن (kg) ۷۰ و AT[10] میانگین زمان (day) ۲۵۵۵۰ است.

$$CDIdermal=(C \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED \times 0{,}001) / (BW \times AT) \quad (1)$$

مصرف مزمن روزانه ($mg \cdot kg^{-1} \cdot day^{-1}$) از طریق جذب خوراکی ($CDI_{oral}$) به صورت زیرتعریف شده است (رابطه ۲). در این رابطه C غلظت فلز سنگین در رژ لب، ($mg \cdot kg^{-1}$) EX[11] مقدار رژ لب استفاده شده در روز ($mg \cdot day^{-1}$) ۰،۰۸۷، FI یک عامل بدون واحد (۱)، EF تعداد قرار گرفتن در معرض ($day.year^{-1}$) ۳۵۰، ED مدت زمان قرار گرفتن در معرض (year) ۳۰، وزن بدن (kg) ۷۰ و در زمان میانگین (day) ۲۵۵۵۰.

$$CDI_{oral}=(C \times EX \times FI \times EF \times ED \times 0{,}001)/(BW \times AT) \quad (2)$$

هنگامی‌که CDI برای هر دو مسیر محاسبه شد، خطر سرطان‌زا و غیرسرطان‌زایی برای هر طریق مواجهه ارزیابی می‌شود. رابطه ۳ برای محاسبه خطر سرطان‌زایی از فلزات سنگین به طور مستقل استفاده می‌شود، در این معادله SF فاکتور شیب خطرزا بودن یک ماده است که از مراجع قابل دستیابی است ($mg \cdot kg^{-1} \cdot day^{-1}$) است و برای کروم ۰،۵ و نیکل ۰،۹۱ می‌باشد (۴۸).

$$Cancer\ risk = CDI \times SF \quad (3)$$

کل خطر سرطان‌زایی یک محصول با رابطه ۴ محاسبه می‌شود. مقادیر باید کمتر یا مساوی 10^{-4} باشد تا بتوان در نظرگرفت که هیچ خطری وجود ندارد (۴۱).

$$Total\ cancer\ risk\ oral = \Sigma CDI\ k \times SFk \quad (4)$$

درجدول ۷ ارزیابی خطر سرطان‌زایی را برای عناصر نیکل و کروم در برندهای رژ لب مورد بررسی آورده شده است. در این جدول جذب عناصر فلزی از دو طریق بررسی شده است جذب از طریق پوست و جذب از راه گوارش. همان‌طور که نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد خطر سرطان‌زایی از طریق پوست برای همه برندها به جز CAL61 بالاتر از حد خطر هستند. مقادیر باید کمتر یا مساوی 10^{-4} باشد تا بتوان در نظرگرفت که هیچ خطری وجود ندارد. البته حتی کد Cal61 نیز بسیار نزدیک به این حد می‌باشد. معذالک خطر سرطان‌زایی همین برندها از طریق گوارشی ناچیز است. پس در کل استفاده مکرر از این رژ لب‌ها می‌تواند خطر جدی سزطان‌زایی در پی داشته باشد.

۳ـ۳ـ۲ـ ارزیابی خطر غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین

وقتی CDI ناشی از مواجهه دهانی و پوستی محاسبه شد، خطر غیر سرطان‌زایی با ضریب خطر (HQ)[12] تعیین می‌شود. رابطه ۵. برای هر دو مسیر کار می‌رود. مقادیر RfD برای کروم ۱،۵ و نیکل ۰،۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن است (۴۸) . $HQ \leq 1$ نشان می‌دهد که مواد آرایشی ارائه شده در ارزیابی برای سلامت انسان بی‌خطر هستند.

$$HQ = CDI/RfD \quad (5)$$

1- Scientific Committee of Consumer Safety
2- Environmental Protection Agency of the United States
3- Chronic Daily Intake
4- Concentration
5- Exposed skin area
6- Adherence factor
7- Exposure frequency
8- Exposure duration
9- Body weight
10- Averaging time
11- Amount of lipstick applied per day
12- Hazard Quotient

$$HI = \Sigma HQ \quad (۶)$$

کل خطر غیرسرطان‌زایی با رابطه ۶ محاسبه می‌شود. شاخص خطر (HI)[1] ، خطر آلاینده‌های مخلوط فلزات سنگین را تخمین می‌زند، که در آن مقادیر باید کمتر یا مساوی ۱ باشند تا در نظر بگیریم که خطری وجود ندارد (۴۸).

ارزیابی خطر سلامتی در مواجهه با این محصولات یا به عبارت دیگر خطر غیر سرطان‌زایی را با بررسی اندیس HI , HQ می‌توان به‌دست آورد. درجدول ۸ نتایج نشان می‌دهد خطر کلی سلامتی از طریق مصرف این محصولات زیر حد یک است و از این بابت نه از طریق بلع و نه پوست خطری مصرف‌کننده را تهدید نمی‌کند.

1- Hazard Index

جدول ۷: خطر سرطان‌زایی فلز نیکل و کروم از طریق گوارش و جذب پوستی در نمونه‌های رژ لب.

Table 7: Risk of carcinogenicity of nickel and chromium metal through digestion and skin absorption in lipstick samples.

Carcinogenic Helth risk							
		Dermal			Oral		
		CDI	CR	Total CR	CDI	CR	Total CR
In330	Cr	1.51E-04	7.56E-05	2.45E-04	2.74E-07	1.37E-07	4.44E-07
	Ni	1.54E-04	1.69E-04		2.79E-07	3.07E-07	
In600	Cr	1.81E-04	9.06E-05	1.41E-04	3.29E-07	1.64E-07	2.56E-07
	Ni	4.60E-05	5.06E-05		8.34E-08	9.17E-08	
In680	Cr	1.97E-04	9.86E-05	3.80E-04	3.58E-07	1.79E-07	6.90E-07
	Ni	2.56E-04	2.82E-04		4.65E-07	5.11E-07	
In420	Cr	3.27E-04	1.63E-04	6.32E-04	5.92E-07	2.96E-07	1.15E-06
	Ni	4.26E-04	4.69E-04		7.73E-07	8.49E-07	
CaL61	Cr	5.26E-05	2.63E-05	8.00E-05	9.53E-08	4.77E-08	1.45E-07
	Ni	4.88E-05	5.37E-05		8.85E-08	9.73E-08	
CaL62	Cr	6.67E-05	3.33E-05	2.27E-04	1.21E-07	6.04E-08	4.12E-07
	Ni	1.77E-04	1.94E-04		3.20E-07	3.52E-07	
CaL53	Cr	5.07E-04	2.54E-04	5.68E-04	9.19E-07	4.60E-07	1.03E-06
	Ni	2.86E-04	3.15E-04		5.19E-07	5.71E-07	
CaL58	Cr	1.08E-04	5.40E-05	1.15E-04	1.96E-07	9.79E-08	2.08E-07
	Ni	5.54E-05	6.09E-05		1.00E-07	1.10E-07	
CaL56	Cr	1.35E-04	6.76E-05	4.97E-04	2.45E-07	1.23E-07	9.01E-07
	Ni	3.91E-04	4.29E-04		7.08E-07	7.78E-07	
My507	Cr	6.86E-05	3.43E-05	1.53E-04	1.24E-07	6.21E-08	2.77E-07
	Ni	1.08E-04	1.19E-04		1.96E-07	2.15E-07	
My102	Cr	3.04E-04	1.52E-04	3.82E-04	5.52E-07	2.76E-07	6.93E-07
	Ni	2.09E-04	2.30E-04		3.80E-07	4.17E-07	
My502	Cr	1.59E-04	7.94E-05	4.17E-04	2.88E-07	1.44E-07	7.56E-07
	Ni	3.07E-04	3.38E-04		5.57E-07	6.12E-07	

جدول ۷: ادامه.

Table 7: Continue.

Carcinogenic Helth risk							
		Dermal			Oral		
		CDI	CR	Total CR	CDI	CR	Total CR
My206	Cr	9.77E-05	4.88E-05	7.22E-04	1.77E-07	8.85E-08	1.31E-06
	Ni	6.12E-04	6.73E-04		1.11E-06	1.22E-06	
My401	Cr	9.68E-05	4.84E-05	5.31E-04	1.75E-07	8.77E-08	9.63E-07
	Ni	4.40E-04	4.83E-04		7.97E-07	8.76E-07	
My601	Cr	5.92E-05	2.96E-05	2.67E-04	1.07E-07	5.36E-08	4.84E-07
	Ni	2.16E-04	2.37E-04		3.92E-07	4.30E-07	
Me101	Cr	6.01E-05	3.01E-05	1.06E-04	1.09E-07	5.45E-08	1.93E-07
	Ni	6.95E-05	7.64E-05		1.26E-07	1.38E-07	
Me112	Cr	2.54E-04	1.27E-04	6.99E-04	4.60E-07	2.30E-07	1.27E-06
	Ni	5.20E-04	5.72E-04		9.43E-07	1.04E-06	
Me102	Cr	3.48E-04	1.74E-04	4.31E-04	6.32E-07	3.16E-07	7.82E-07
	Ni	2.34E-04	2.57E-04		4.24E-07	4.66E-07	
Me111	Cr	1.49E-04	7.47E-05	2.68E-04	2.71E-07	1.35E-07	4.85E-07
	Ni	1.76E-04	1.93E-04		3.18E-07	3.50E-07	
Me105	Cr	4.33E-04	2.17E-04	7.66E-04	7.85E-07	3.92E-07	1.39E-06
	Ni	5.00E-04	5.49E-04		9.06E-07	9.95E-07	

جدول ۸: خطر غیرسرطان‌زایی فلز نیکل و کروم از طریق گوارش و جذب پوستی در نمونه‌های رژ لب.

Table 8: Non-carcinogenic risk of nickel and chromium metal through digestion and skin absorption in lipstick samples.

Non-Carcinogenic Helth risk					
		Dermal			Oral
		HQ	HI	HQ	HI
In330	Cr	1.01E-04	7.80E-03	1.83E-07	1.41E-05
	Ni	7.70E-03		1.40E-05	
In600	Cr	1.21E-04	2.42E-03	2.19E-07	4.39E-06
	Ni	2.30E-03		4.17E-06	
In680	Cr	1.32E-04	1.30E-02	2.38E-07	2.35E-05
	Ni	1.28E-02		2.32E-05	
In420	Cr	2.18E-04	2.15E-02	3.95E-07	3.90E-05
	Ni	2.13E-02		3.86E-05	

جدول ۸: ادامه.

Table 8: Continue.

Non-Carcinogenic Helth risk					
		Dermal			Oral
		HQ	HI	HQ	HI
CaL61	Cr	3.51E-05	2.48E-03	6.36E-08	4.49E-06
	Ni	2.44E-03		4.43E-06	
CaL62	Cr	4.45E-05	8.87E-03	8.06E-08	1.61E-05
	Ni	8.83E-03		1.60E-05	
CaL53	Cr	3.38E-04	1.47E-02	6.13E-07	2.66E-05
	Ni	1.43E-02		2.60E-05	
CaL58	Cr	7.20E-05	2.84E-03	1.31E-07	5.15E-06
	Ni	2.77E-03		5.02E-06	
CaL56	Cr	9.02E-05	1.96E-02	1.63E-07	3.56E-05
	Ni	1.95E-02		3.54E-05	
My507	Cr	4.57E-05	5.45E-03	8.29E-08	9.87E-06
	Ni	5.40E-03		9.79E-06	
My102	Cr	2.03E-04	1.07E-02	3.68E-07	1.94E-05
	Ni	1.05E-02		1.90E-05	
My502	Cr	1.06E-04	1.55E-02	1.92E-07	2.80E-05
	Ni	1.54E-02		2.78E-05	
My206	Cr	6.51E-05	3.07E-02	1.18E-07	5.56E-05
	Ni	3.06E-02		5.55E-05	
My401	Cr	6.45E-05	2.20E-02	1.17E-07	4.00E-05
	Ni	2.20E-02		3.98E-05	
My601	Cr	3.95E-05	1.08E-02	7.15E-08	1.97E-05
	Ni	1.08E-02		1.96E-05	
Me101	Cr	4.01E-05	3.52E-03	7.26E-08	6.37E-06
	Ni	3.48E-03		6.30E-06	
Me112	Cr	1.69E-04	2.62E-02	3.06E-07	4.75E-05
	Ni	2.60E-02		4.72E-05	
Me102	Cr	2.32E-04	1.19E-02	4.21E-07	2.16E-05
	Ni	1.17E-02		2.12E-05	
Me111	Cr	9.96E-05	8.88E-03	1.80E-07	1.61E-05
	Ni	8.78E-03		1.59E-05	
Me105	Cr	2.89E-04	2.53E-02	5.23E-07	4.58E-05

۴ـ نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری فلزات سنگین موجود در رژ لب تولید شده در داخل کشور بر روی نمونه‌های انتخاب شده به صورت تصادفی با فام‌های مختلف نشان می‌دهد که این محصولات از لحاظ حضور فلزات سنگین سرب، آرسنیک، جیوه و کادمیم در وضعیت استاندارد بوده و غلظت این عناصر زیر حد مجاز ppm ۱۰ و حتی کمتر از ppm ۰,۱ قرار دارند. ولی متاسفانه محتوی فلز نیکل و کروم آنها بالاتر از ppm ۰,۱ می‌باشد که البته هنوز زیر حد مجاز استاندارد اعلام شده از سوی سازمان غذا و داروی امریکا (FDA) می‌باشد. با بررسی دقیق‌تر مشخص شد محتوی کروم در بین برندهای مختلف از لحاظ آلودگی نیز تفاوت معنی‌داری وجود دارد. هرچند نتایج حاصله بر روی برندهای مذکور نشان داد که حد غلظت عناصر سنگین و سمی در این محصولات زیر غلظت مجاز است اما به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری فلزات در بافت و استفاده مکررمصرف کننده، استفاده از آنها نگرانی‌ها و آسیب‌های جدی را به همراه خواهد داشت. ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی از طریق گوارش و جذب پوستی نیز نشان داد امکان خطر سرطان‌زایی از طریق پوست در استفاده‌های مکرر و در طول زمان بسیار جدی‌تر از سایر مسیرها است. بنابراین توجه به میزان مصرف روزانه برای مصرف‌کنندگان بسیار اهمیت دارد. با توجه به این نتایج این پژوهش قطعا نمی‌تواند به تمامی محصولات رژ لب تولید شده در کشور تعمیم داده شود و لازم است که بر روی محصولات تولید شده در داخل کشور کنترل‌های کمی و کیفی دقیق‌تر و به طور مداوم انجام گیرد. هچنین آموزش برنامه‌ریزی شده به منظور بالا بردن آگاهی مصرف‌کنندگان برای سلامت جامعه الزامی است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های مادی و معنوی پژوهشگاه رنگ تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

۵ـ مراجع

1. Barel AO, Paye M, Maibach HI, editors. Handbook of cosmetic science and technology. CRC press; 2014 Apr 9.
2. Nnorom I C, Igwe JC, Oji-Nnorom CG. Trace metal contents of facial (make-up) cosmetics commonly used in Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 2005;4(10): 1133-1138. https://doi.org/10.5897/AJB2005.000-3224
3. Mosavi Z, Ziarati P, Shariatdoost A. Determination and safety assessment of lead and cadmium in eye shadows purchased in local market in Tehran. J Environ Anal Toxicol. 2013; 3(6):2161-525.http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525. 1000193.
4. Kim JE, Jung HD, Kang H. A survey of the awareness, knowledge and behavior of hair dye use in a korean population with gray hair. Ann Dermatol. 2012;24(3):274-9. https://doi.org /i/10.5021/ad.2012.24.3.274.
5. Gago-Dominguez M, Castelao JE, Yuan JM, Yu MC, Ross RK. Use of permanent hair dyes and bladder-cancer risk. Int J Cancer. 2001;91(4):575-9. https://doi.org/10.1002/1097-0215(200002)9999:9999<:aid-ijc1092>3.0.co;2-s.
6. Zviak C, Millequant J. Hair Coloring: Oxidation Coloring In: Bouillon C, Wilkinson J: The Science of Hair Care. Taylor & Francis. 2005;296:327. https://doi.org/10.1201/b14191
7. Gerhard J. Nohynek, Eric Antignac, Thomas Re, Herve Toutain. Safety assessment of personal care products/ cosmetics and their ingredients. Toxicol Appl Pharmacol. 2010;243:239-259.https://doi.org/10. 1016/j.taap. 2009. 12. 001.
8. Da França SA, Dario MF, Esteves VB, Baby AR, Velasco MVR. Types of hair dye and their mechanisms of action. *Cosmetics*. 2015; 2(2):110-126. https://doi.org/10. 3390/cosmetics2020110.
9. Gharanjig K, Etezad SM, Rouhani S, Mahmoodi AR, Mahmiani Y, Mehranfar A. Investigation of Amount of Heavy Metals in Hair Colorants Produced in Iran. J Stud Color World. 2023; 12(4): 315-325.
10. Ghosh P, Sinha AK. Hair colors: classification, chemistry and a review of chromatographic and electrophoretic methods for analysis. Analytical letters. 2008 Oct 27;41(13):2291-321. https://doi.org/10.1080/00032710802352605.
11. Balsam MS, Sagarin E, editors. Cosmetics science and technology. John Wiley & Sons; 1972.
12. Hamann D, Yazar K, Hamann CR, Thyssen JP, Lidén C. p-P henylenediamine and other allergens in hair dye products in the U nited S tates: a consumer exposure study. Contact Dermatitis. 2014 Apr;70(4):213-8. https://doi.org/10.1111/cod.12164.
13. Basak B, Sinha B. Analysis of one-way ANOVA model using synthetic data. Sankhya B. 2024 Jan 6:1-27. https://doi.org 10.1007/s13571-023-00318-4.
14. Alqahtani AM, Mojally M, Sayqal A, Ainousah BE, Alqmash A, Alzahrani S, Alqurashi G, Wawi O, Alsharif A. Determination of lead and cadmium concentration in cosmetic products in the Saudi market. Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences. 2023; 15:1-0. https://doi.org 10.1007/s43994-023-00088-9.
15. Feizi R, Jaafarzadeh N, Akbari H, Jorfi S. Evaluation of lead and cadmium concentrations in lipstick and eye pencil cosmetics. Environ. Health Eng. Manag.2019; 10;6(4):277-82. https://doi.org 10.15171/EHEM.2019.31.
16. Susmiatun S, Kusuma AM, Budiman A, Hapsari I. The physical properties and stability of purple yam (Ipomoea batatas (L.) Lam) lipstick. Pharmaciana. 2018; 24;8(2):290. https://doi.org 10.12928/pharmaciana.v8i2.6834.
17. Lopez IE, Turrentine JE, Cruz Jr PD. Clues to diagnosis of connubial contact dermatitis to paraphenylenediamine.

Dermatitis®. 2014. 25(1):32-3. https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000014.
18. Abdul KS, Jayasinghe SS, Chandana EP, Jayasumana C, De Silva PM. Arsenic and human health effects: A review. Environmental toxicology and pharmacology. 2015 Nov 1;40(3):828-46. https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.09.016.
19. Scheman A, Cha C, Bhinder M. Alternative hair-dye products for persons allergic to para-phenylenediamine. DERM. 2011 Aug 1;22(4):189-92. http://doi.org/10.2310/6620.2011.00010.
20. Saidalavi R, Hashim A, Kishor KB, Leena PK, Adake P. Analysis of lead and arsenic in cosmetics and assessment of students awareness about cosmetic toxicity. Int. J. Basic Clin. Pharmacol. 2017 Jun;6:1426-30. DOI: http://dx.doi.org/10.18203/2319-2003.ijbcp20170001.
21. Gupta M, Mahajan VK, Mehta KS, Chauhan PS. Hair dye dermatitis and p-phenylenediamine contact sensitivity: a preliminary report. Indian dermatology online journal. 2015 Jul;6(4):241. https://doi.org/10.4103/2229-5178.160253.
22. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. Molecular, clinical and environmental toxicology: volume 3: environmental toxicology. 2012:133-64. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6.
23. Dacera DD, Babel S. Removal of heavy metals from contaminated sewage sludge using Aspergillus niger fermented raw liquid from pineapple wastes. Bioresource technology. 2008 Apr 1;99(6):1682-9. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.002.
24. Burger P, Landreau A, Azoulay S, Michel T, Fernandez X. Skin whitening cosmetics: Feedback and challenges in the development of natural skin lighteners. Cosmetics. 2016 Oct 28;3(4):36. https://doi.org/10.3390/cosmetics3040036.
25. Salama AK. Assessment of metals in cosmetics commonly used in Saudi Arabia. Environmental monitoring and assessment. 2016 Oct;188:1-1. https://doi.org/10.1007/s10661-016-5550-6.
26. Pigatto P, Martelli A, Marsili C, Fiocchi A. Contact dermatitis in children. Italian journal of pediatrics. 2010 Dec;36(1):1-6. https://doi.org/10.1186/1824-7288-36-2
27. Al-Saleh I, Al-Enazi S. Trace metals in lipsticks. Toxicological & Environmental Chemistry. 2011 Jul 1;93(6):1149-65.https://doi.org/10.1080/02772248. 2011. 582040.
28. Forte G, Petrucci F, Bocca B. Metal allergens of growing significance: epidemiology, immunotoxicology, strategies for testing and prevention. Inflammation & Allergy-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Inflammation & Allergy)(Discontinued). 2008 Sep 1;7(3):145-62. https://doi.org/ 10.2174/187152808785748146.
29. Beck MH, Wilkinson SM. Contact dermatitis: allergic. Rook's Textbook of Dermatology. 2004 Jan 1:817-940.
30. Schmidt JD, Johansen JD, Nielsen MM, Zimersson E, Svedman C, Bruze M, Engkilde K, Poulsen SS, Geisler C, Bonefeld CM. Immune responses to hair dyes containing toluene-2, 5-diamine. British Journal of Dermatology. 2014 Feb 1;170(2):352-9. https://doi.org/10.1111/bjd.12676.
31. Pistollato F, Madia F, Corvi R, Munn S, Grignard E, Paini A, Worth A, Bal-Price A, Prieto P, Casati S, Berggren E. Current EU regulatory requirements for the assessment of chemicals and cosmetic products: challenges and opportunities for introducing new approach methodologies. Archives of toxicology. 2021 Jun;95:1867-97. https://doi.org/10.1007/s00204-021-03034-y.
32. Corby-Edwards AK. FDA regulation of cosmetics and personal care products. Cosmetics and FDA Regulation. 2013. Available from https://ark:/67531/metadc817838/urls.txt
33. Akhtar A, Kazi TG, Afridi HI, Khan M. Human exposure to toxic elements through facial cosmetic products: Dermal risk assessment. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2022 Jun 1;131:105145. https://doi.org/10.1016/j.yrtph. 2022. 105145
34. Theresa OC, Onebunne OC, Dorcas WA, Ajani OI. Potentially toxic metals exposure from body creams sold in Lagos, Nigeria. Researcher. 2011;3(1):30-7. https://doi.org/10.4236/jcdsa.2017.74030.
35. Al-Saleh I, Al-Enazi S, Shinwari N. Assessment of lead in cosmetic products. Regulatory toxicology and pharmacology. 2009 Jul 1;54(2):105-13. https://doi.org/10.1016/j.yrtph. 2009.02.005.
36. Mansouri B, Maleki A, Mahmoudi M, Davari B, Shahsavari S. Risk assessment of heavy metals in lipstick and hair dye cosmetics products in Sanandaj. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2017;22(3). https://doi.org/ 10.22102/22.3.31.
37. Jomova K, Jenisova Z, Feszterova M, Baros S, Liska J, Hudecova D, Rhodes CJ, Valko M. Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease. Journal of Applied Toxicology. 2011 Mar;31(2):95-107. https://doi.org/10.1002/jat.1649.
38. Sharafi K, Fatahi N, Yarmohammadi H, Moradi M, Dargahi A. Determination of cadmium and Lead concentrations in cosmetics (lipstick and hair color) in Kermanshah markets. Journal of Health. 2017 May 10;8(2):143-50. https://doi.org/10.1002/jat.1649.
39. Mesko MF, Novo DL, Costa VC, Henn AS, Flores EM. Toxic and potentially toxic elements determination in cosmetics used for make-up: A critical review. Analytica chimica acta. 2020 Feb 15;1098:1-26. https://doi.org/10.1016/j.aca. 2019.11.046.
40. Kilic S, Kilic M, Soylak M. The determination of toxic metals in some traditional cosmetic products and health risk assessment. Biological trace element research. 2021 Jun;199(6):2272-7. https://doi.org/10.1007/s12011-020-02357-8.
41. Kaličanin B, Velimirović D. A study of the possible harmful effects of cosmetic beauty products on human health. Biological trace element research. 2016 Apr;170:476-84. https://doi.org/10.1007/s12011-015-0477-2.
42. Saadatzadeh A, Afzalan S, Zadehdabagh R, Tishezan L, Najafi N, Seyedtabib M, Noori SM. Determination of heavy metals (lead, cadmium, arsenic, and mercury) in authorized and unauthorized cosmetics. Cutaneous and ocular toxicology. 2019 Jul 3;38(3):207-11. https://doi.org/10.1080/15569527.2019.1590389.
43. Malakootian M, Pourshaaban Mazandarany M, Eskandari M, Pourmahyabady R. Determination of lead concentration in solid and liquid lipsticks available in Iran-Kerman. Hormozgan Medical Journal. 2012 Aug 15;16(3):241-6.Available from: https://sid.ir/paper/60552/en.
44. Mansouri B, Maleki A, Mahmoudi M, Davari B, Shahsavari S. Risk assessment of heavy metals in lipstick and hair dye cosmetics products in Sanandaj. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2017;22(3). https://doi.org/10.22102/22.3.31.
45. Nourmoradi H, Foroghi M, Farhadkhani M, Vahid Dastjerdi M. Assessment of lead and cadmium levels in frequently used cosmetic products in Iran. Journal of environmental and public health. 2013 Jan 1;2013. https://doi.org/10.1155/

2013/962727.
46. Nohynek GJ, Fautz R, Benech-Kieffer F, Toutain H. Toxicity and human health risk of hair dyes. Food and Chemical Toxicology. 2004 Apr 1;42(4):517-43. https://doi.org/10.1016/ j.fct.2003.11.003.
47. Chisvert A, Salvador A, editors. Analysis of cosmetic products. Elsevier; 2007.
48. Rafii F, Hall JD, Cerniglia CE. Mutagenicity of azo dyes used in foods, drugs and cosmetics before and after reduction by Clostridium species from the human intestinal tract. Food and chemical Toxicology. 1997 Sep 1;35(9):897-901. https://doi.org/ 10.1016/S0278-6915(97)00060-4.

How to cite this article:
Rouhani Sh, Gharanjig K, Mahmoudi Nahavandi AR, Etezad SM. Statistical analysis and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Lipstick Brands in the Iran Markets. J Color Sci Tech. 2024;17(4):341-363. https://dorl.net/dor/20. 1001. 1.17358779.1402.17.4.5.0 [In Persian]