

بررسی دیرین تغذیه‌شناسی شهر سوخته به دو روش ایزوتوپی و PIXE
مجید موزون، حامد وحدتی نسب

Indagine sulla paleodieta di Shahr-i Sokhta attraverso analisi ai raggi X e metodi isotopici

Majid Mozoom, Hamed Vahdati Nasab

Considering the bone chemical structure of humans and using the elemental analyses method, it is possible to restore the alimentary resources and nutrition regimen of the human society in conformation to the adaptation rate of these societies to the perimetral environment. For this reason, the outcomes of paleodiet studies are the cognition and awareness of livelihood patterns and the cultural customs which originated from them. In this study, the nutrition regimen of the residents of the ancient area in the historical beginning of Shahr-i Sokhta was investigated by Particle Induced Xray Emission (PIXE) method and isotopic analysis. The experimental material studied is on 75 samples of human remnant teeth taken from dead bodies in the cemetery, 16 pieces of animal bone and a little amount of cemetery soil. The results of the experiment show that isotopic studies have the greatest sensitivity, due to the fact that when the "Isotopic method" was used, the nutrition index of human samples were attained in lesser amounts as compared to those of animal samples. Considering this finding and the present defects, some of the indexes used with the PIXE method for element "Strontium" and other elements like Si and Ti were interpreted to be useful in nutrition regimen.

Considerando la struttura chimica ossea degli esseri umani e utilizzando il metodo delle analisi elementari, è possibile ripristinare le risorse alimentari e il regime nutrizionale della società umana in conformità al tasso di adattamento di queste società all'ambiente perimetrale. Per questo motivo, i risultati degli studi di paleodietetica rappresentano un dato sui modelli di sussistenza e sui costumi culturali che hanno origine da essi. In questo studio, il regime nutrizionale degli abitanti di Shahr-i Sokhta è stato studiato mediante il metodo PIXE (Particle Induced Xray Emission) e attraverso l'analisi isotopica. Il materiale studiato è costituito da 75 campioni di denti residui umani prelevati da cadaveri provenienti dalla necropoli del centro, in particolare 16 pezzi di ossa di animali e una piccola quantità di suolo cimiteriale. I risultati mostrano come gli studi isotopici abbiano necessitato di massima sensibilità, poiché l'indice nutrizionale è stato raggiunto in quantità inferiori rispetto a quelle dei campioni animali.

مقدمه:

در طول تاریخ تطور گونه انسان، تأمین منابع غذایی تغییرات بسیاری را در همه جنبه‌های فرهنگی و زیست‌شناختی انسان، مانند زاد و ولد، الگوهای سکونتگاهی، تحرک و توزیع جمعیتی جوامع، فن‌آوری‌ها و غیره پدید آورده است؛ از این رو بی‌سبب نیست که مطالعات دیرین تغذیه‌شناسی سهم عمده‌ای از پژوهش‌های باستان‌شناختی را در سطح جهان به خود اختصاص داده‌اند. مواد آزمایش مطالعات دیرینه تغذیه‌شناسی و دیرینه-انسان‌شناسی، انواع بقایای انسانی، جانوری و گیاهی است که در محوطه‌های باستانی به فراوانی یافت می‌شوند. در این راستا بازسازی رژیم غذایی جوامع پیش از تاریخ از جمله تلاش‌هایی است که انسان‌شناسان و باستان‌شناسان انجام می‌دهند تا به شناخت واقعی تری از تغییرات و تأثیرات فرآیند فرآوری غذا در جوامع انسانی دست یابند.

رژیم غذایی به مانند کلیدی است که ما با آن می‌توانیم گذشته، حال و آینده خویش را بشناسیم. بیشتر موفقیت‌ها و پیشرفت‌های گونه ما مرهون توانا شدن در به دست آوردن طیف گسترده‌ای از غذاها و خوراک‌ها بوده است (کوتاک؛ ۱۳۸۶). رژیم غذایی پدیده‌ای چند بعدی است که افراد با توجه به توان زیست محیطی پیرامونی، دست به گزینش آن می‌زنند. این عوامل می‌توانند طبیعی باشند، مانند اقلیم و شرایط آب و هوایی، زمین‌شناسی منطقه یا می‌توانند ریشه در سنن و آیین‌های روحانی و معنوی افراد داشته باشند، مانند محرّمات غذایی و تابوهای جانوری-گیاهی که در همه جوامع با شدت و ضعف وجود دارد؛ بنابراین همان گونه که ملاحظه شد، رژیم غذایی بهترین نوع مطالعه زیستی انسان‌شناختی در سطح اشخاص و افراد در جوامع انسانی است.

اما سوالی که در اینجا مطرح می‌شود، این است که رژیم غذایی جوامع گذشته یا پیش از

تاریخ وحتى انسان‌های به اصطلاح نخستین را چگونه می‌توان بررسی کرد؟ یا دیگر اینکه تا چه اندازه روش‌های آزمایشگاهی برای نیل به هدف فوق از درجه اعتبار برخوردارند و نزدیک به حقیقتند؟ همچنین می‌توان در این زمینه به این مسئله هم پرداخت که با توجه به محوطه‌های باستانی و در کانون قرارگرفتن کاوش‌های مربوط به تدفین‌ها در ایران؛ مطالعات دیرینه تغذیه‌شناسی و دیرین انسان‌شناسی از چه سطح یا سطوحی برخوردارند؟

دیرین تغذیه‌شناسی و دیرین انسان‌شناسی نشان داده که دندان‌ها بیشترین مدارک را درباره منابع غذایی و خوراکی انسان‌ها در گذشته در اختیار می‌گذارند. دندان اطلاعات چندگانه‌ای از جمله رفتارهای فرهنگی، آسیب‌شناسی، تغییرات ریخت‌شناسی و رشد را نشان می‌دهد و به همین دلیل در طول سال‌ها محور توجه انسان‌شناسان جسمانی بوده است. یکی از خصوصیات مهم دندان، بر خلاف سایر اجزاء اسکلتی، این است که طی حیات فرد تحت بازسازی قرار نمی‌گیرد. همچنین مینای دندان در همان مراحل اولیه زندگی تشکیل می‌شود و منشورهای مینایی و مواد آلی را تحت یک سیستم بسته نگه می‌دارد. به دلیل سختی بسیار زیاد مینا، دندان کمتر دستخوش اثرات محیطی می‌شود لذا می‌تواند عوامل شیمیایی را در خود حفظ کند که بررسی آن‌ها به شناخت زیست‌شناختی فردی دوره‌های مختلف زندگی کمک می‌کند. دگرگونی‌های ریخت‌شناسی دندانی در بین انسان‌های زنده، ارتباط زیست‌شناختی مهمی را در گروه‌های انسانی معاصر مشخص می‌کند و همچنین دوره‌های کلسیفیکاسیون و الگوهای رویش دندان، از جمله آسان‌ترین راه‌های تشخیص سن انسان‌های نابالغ به شمار می‌رود. با توجه به تنوع و دوره تکاملی دندان‌ها می‌توان اطلاعاتی درباره بیماری‌ها، ناهنجاری‌ها و سوء تغذیه از دوره‌های جنینی تا کهنسالی جوامع کسب کرد. همچنین دندان‌ها در ارزیابی کمی و کیفی منابع غذایی مهم هستند، و از آن‌ها می‌توان اطلاعاتی نظیر سختی و زبری، نرم، خام یا پخته بودن خوراکی‌ها به دست آورد (<http://anthropology.ir>) و دیگر اینکه دندان‌ها منابع و مدارک مهمی از برخی الگوهای فرهنگی به شمار می‌آیند. انسان‌شناسان و باستان‌شناسان با مطالعه جوامع انسانی معاصر و باستانی، گزارش‌هایی مبتنی بر کارکردهای ویژه برای دندان‌ها به دست داده‌اند.

اهمیت دوره مفرغ در شرق فلات ایران پس از کاوش‌های صورت گرفته در دشت سیستان، جیرفت و شهداد، بیش از پیش روشن گردید. این اهمیت تا آنجا پیش رفت که پس از چندین مرحله کاوش در این مناطق، شهرسوخته به عنوان پایتخت دوره مفرغ در شرق فلات ایران شهره شد و همچون حلقه ارتباطی میان تمدن‌های شبه قاره و میان‌رودان از طرفی و تمدن‌های آسیای مرکزی با جنوب خلیج فارس و دریای عمان از طرف دیگر معرفی شد. (سید سجادی، ۱۳۸۵؛ ۱۳۷۴؛ ۱۳۸۳). در ادامه این مطالعات و همراه با تغییرات مهمی که در

نظریات رایج در باستان‌شناسی غرب آسیا به وجود آمد، تقریباً مسلم گشت که نه تنها تهیه، تولید و مصرف مواد غذایی، بلکه انجام تمامی امور معیشتی و زیستی ساکنان این منطقه در سایه تغییرات اجتماعی و محیطی بوده است. در این باره، پاره‌ای از مطالعات انجام گرفته بر روی بقایای اسکلتی شهرسوخته، به مواردی مانند فشارهای محیطی، بیماری‌ها، ناهنجاری‌ها در قالب الگوی زیستی و معیشتی دوران حیات شهرسوخته اشاره داشته‌اند. (Lorentz 2008)

با پیروزی انقلاب اسلامی ایران که توقف تمام فعالیت‌های هیئت‌های باستان‌شناسی خارجی را به دنبال داشت، کار در سیستان نیز متوقف شد؛ اما سال ۱۳۷۵ خورشیدی را باید سال تجدید مطالعات علمی باستان‌شناختی در سیستان دانست. در این سال هیئتی از کارشناسان ایرانی به سرپرستی سیدسجادی مأموریت یافتند تا با انجام بررسی‌های مقدماتی و گمانه‌زنی در دو محوطه شهرسوخته و کوه خواجه، زمینه را برای انجام پژوهش باستان‌شناختی گسترده‌ای در سیستان فراهم نمایند. اجرای این طرح گسترده از سال ۱۳۷۶ به بعد با انجام کاوش‌های دقیق باستان‌شناختی در شهرسوخته و از سال ۱۳۷۹ به بعد هم زمان با شهرسوخته، در محوطه دهانه غلامان آغاز گردید.

نتایج مطالعات سیدسجادی و هیئت تحت سرپرستی او تاکنون در قالب چندین مقاله و کتاب تشریح و منتشر شده است. سید سجادی نه تنها به چاپ مقالاتی در زمینه اهمیت مطالعات میان رشته‌ای و رویکردهای تازه در باستان‌شناسی همت گماشت، بلکه با تشکیل گروهی از کارشناسان خبره در سایر علوم، الگویی موفق را برای همکاری‌های میان رشته‌ای در باستان‌شناسی ایران فراهم کرد (سیدسجادی، ۱۳۷۴، ۱۳۷۶، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۲، ۱۳۸۵).

در این زمینه مطالعات انسان‌شناسی از آغاز تا به حال همپای مطالعات گیاه باستان‌شناسی و جانور باستان‌شناسی حضور چشمگیر داشته است؛ به گونه‌ای که تا زمان نوشتن این مقاله حدود ۸۰۰ اسکلت انسانی کشف گردیده است. همچنین با تخمین ۳۰۰۰۰ گور در این گورستان، چشم‌انداز بسیار روشنی از مطالعات انسان‌شناسی در این محوطه دیده می‌شود. مطالعات پیشین درباره بقایای اسکلت‌های انسانی در شهرسوخته را پارذینی، مانوچی، مکیارللی، پاسارللو، سید سجادی و فروزانفر و لورنتز منتشر کرده‌اند.

پارذینی و مانوچی گزارش‌های کاملی درباره مطالعات انسان‌شناسی جسمانی اسکلت‌ها به ویژه اندیس جمجمه منتشر کرده‌اند. مکیارللی و پاسارللو به ویژگی‌های مشترک جمعیتی در مجموع ۲۹۸ اسکلت مکشوفه پرداخته‌اند. (Pardini 1990; 1997). سید سجادی و فروزانفر گزارش‌های انسان‌شناسی را در قالب مطالعه بیماری‌ها و ناهنجاری‌ها تبیین و تدوین کرده‌اند. (سید سجادی و فروزانفر، ۱۳۸۰). لورنتز به مسائل عمومی که می‌توان از اسکلت‌های باستانی دریافت، می‌پردازد. در گزارش‌های او کمتر به دسته‌بندی‌های جنسی برمی‌خوریم و نتیجه‌گیری‌ها به صورت کلی عرضه گردیده‌اند. همچنین او در مطالعه‌ای موردی با همکاری

فروزانفر و دیگران بر روی بقایای انسانی بویژه مو به مطالعه دیرین تغذیه‌شناسی انجام داد و دست آخر فرضیه او درباره استفاده از دندان‌ها بمثابة دست سوم در میان اهالی شهرسوخته، از نکات برجسته کارهای اوست. در مطالعات تکمیلی پسین، لورنتز به دیرین تغذیه‌شناسی رو آورد؛ بدین ترتیب بر روی موهای باقی مانده بر اسکلت‌ها تجزیه عنصری به روش ایزوتوپی انجام داد. در این مطالعه لورنتز تأکید می‌کند که مصرف گیاهان C3 مانند غلات و حبوبات بیشتر از مصرف گیاهان C4 در میان ساکنان شهرسوخته بوده است. (<http://www.ncl.ac.uk/>) (Lorentz 2008 - historical/research)

در مجموع می‌توان اشاره کرد که در مطالعات انسان‌شناسان ایتالیایی، دندان‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته بودند و در مقابل بر روی شاخص‌های دیگر اسکلتی نظیر اندیس جمجمه ساکنین شهرسوخته کار بیشتری انجام گرفته بود. در ارتباط با دندان‌ها در این مطالعات تنها به میزان بالای سایش‌های دندان‌ها اشاره رفته است. در مطالعات انسان‌شناسی سجادی و فروزانفر، آسیب‌شناسی استخوان‌ها و بیماری‌ها مرتبط با اسکلت‌ها کانون توجه قرار گرفته است؛ بدین ترتیب سجادی و فروزانفر به پوسیدگی و کرم خوردگی‌ها و سایش‌ها تأکید ورزیده اند. (سید سجادی و فروزانفر، ۱۳۸۰)

از طرفی در یک جمع‌بندی کلی و عمومی می‌توان اذعان داشت هرچند موضوع قابل ملاحظه در انسان‌شناسی به خاطر تجربه و تحلیل آماری جمعیت‌های گذشته وجود دارد، اما اساس مدارک در ایران، برای مقایسه‌ای با وضعیت کنونی ناکافی به نظر می‌رسد. مشکلات نمونه‌گیری، کاوش‌های غیرمنظم و غیرعلمی باعث ضعف در آمارنگاری جمعیتی ایران است. (توسلی، ۱۳۸۹)

اما در ارتباط با پیشینه مطالعات دیرین تغذیه‌شناسی در ایران می‌توان گفت، این گونه مطالعات از سوی پژوهشگران علاقه‌مند به رهیافت‌های میان رشته‌ای با اقبالی روبرو نشده است، لذا تعداد این مطالعات بسیار اندک است. در این باره می‌توان به تجزیه عنصری ۳۰ سکه‌ی نقره‌ای دوره‌ی ساسانی موزه‌ی همدان به روش PIXE اشاره کرد. محققین در این مطالعه نشان داده‌اند که غلظت نقره در سکه‌های دوره‌ی خسروپرویز، تحت‌تأثیر موقعیت سیاسی زمان ضرب سکه می‌باشد. (حاج ولیتی و دیگران ۱۳۸۸). در مطالعه‌ی دیگر عزیزی‌پور بر روی نمونه‌های انسانی به بررسی می‌پردازد. وی در این رساله با بهره‌گیری از چندین روش تجزیه عنصری، دیرین تغذیه‌شناسی برخی محوطه‌های دوره اشکانی را بررسی کرد. از نکات بارز مطالعه عزیزی‌پور استفاده هم زمان از چندین روش تجزیه عنصری است، و از طرف دیگر تعداد کم نمونه‌ها را می‌توان از معایب مطالعه اش برشمرد. (عزیزی‌پور، ۸۷) یکی از مهم‌ترین عوامل تولید خطا در مراحل نمونه‌سازی پیش می‌آید. به عنوان یک

قانون کلی، آزمایش کننده خود باید خود در مراحل تهیه نمونه مداخله مستقیم داشته باشد، در این صورت می تواند اطمینان داشته باشد که هیچ تغییر مهمی در روند مراحل نمونه سازی در نمونه ها صورت نگرفته است. از این رو نگارنده در تمامی مراحل آزمایش های مقدماتی حضور فعال داشت. جهت تهیه نمونه باید موارد زیر را در نظر گرفت:

الف) میزان عناصر خارجی و آلودگی باید در پایین ترین شکل ممکن باشد.

ب) در هنگام تهیه نمونه، عناصر کم مقدار موجود در ماده از دست نرود.

این مطالعه به روش میدانی - آزمایشگاهی - کتابخانه ای انجام پذیرفته است؛ بدین ترتیب که، ۷۵ دندان از ۷۵ اسکلت که در سال های ۸۰ تا ۸۶ در گورستان شهر سوخته مورد کاوش قرار گرفته بودند، به صورت تصادفی خارج گردید. همچنین برای کامل تر شدن این مطالعه ۱۶ عدد استخوان انواع جانور مانند بز، گاو، گوزن، گوسفند، مرغ و مقداری از خاک گورستان شهرسوخته که در کاوش های شهر سوخته به دست آمده بود به مطالعه اضافه شد. پس از جداسازی تصادفی دندان ها از اسکلت ها، همه نمونه دندان های استخراجی با گزارش های انسان شناسی شهرسوخته منطبق یافتند. به این ترتیب روشن شد که از ۷۵ نمونه دندان، ۱۵ عدد متعلق به گروه جنسی زنان، ۱۳ عدد متعلق به گروه جنسی مردان و بقیه به علت عدم تشخیص گروه جنسی اسکلت ها به گروه نامشخص ها متعلق شدند. (تصویر ۱) از سوی دیگر دسته بندی سنی نیز برای ۷۵ نمونه دندان در نظر گرفته شد که بدین ترتیب؛ ۱۳ عدد از دندان ها متعلق به گروه سنی کودک، ۲۷ عدد متعلق به گروه سنی بالغ و ۳۵ مورد به گروه سنی میانسال تعلق پیدا کردند.

پس از انجام مراحل گردآوری اطلاعات و مطالعه، نوبت به انجام آزمایش های مقدماتی رسید. از این رو دندان ها زیر نظر استادان دانشکده دندان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهبشتی قرار گرفتند و مستند سازی شدند. همچنین وزن و طول هر کدام از دندان ها و نیز ریخت شناسی و نوع آن ها مشخص شد. (تصویر ۲)

از دندان ها عکس برداری های ساده و عکس برداری میکروسکوپی با دقت بزرگنمایی ۱۰۰ برابر به عمل آمد. (تصاویر شماره ۱ و ۲). در عکس برداری های میکروسکوپی برخی از دندان ها به هیپوپلازی مینای دندان مشکوک شدند که در ادامه با برش گیری و تهیه سطح مقطع هایی با اندازه ۵۰۰ میکرون در زیر میکروسکپ ها موارد مشکوک به هیپوپلازی مطالعه شدند. (تصاویر شماره ۳ و ۴) با مشاهده هیپوپلازی مینای دندان ما به سوء تغذیه و همچنین سایر فشارهای برگرفته از محیط در دوران کودکی پی می بریم. در این رابطه می توان از خطوط اینکریمنتال^۱ هم یاد کرد. این خطوط همانند خطوط تنه و ساقه درختان، می توانند آگاهی هایی درباره وضعیت تغذیه فرد در گذشته به ما بدهند. (تصویر ۵)



تصویر ۱. میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر



3212



2607



4501



4314



5902



6104



4404



5714



5900

تصویر ۲. عکسبرداری ساده از نمونه‌های دندانی و تعیین نوع آن‌ها^۱

۱. اعداد زیر تصاویر شماره اسکلت‌ها می‌باشند.

در ادامه دندان‌ها با آب مقطر شستشو داده شده، سپس با برس نرم از خاک و مواد اضافی پاک گشتند. دندان‌ها به مدت نیم ساعت در آب اکسیژنه قرار گرفته، پس از آن به مدت ۱۴ ساعت در درون انکوباتور در حرارت ۸۰ درجه واقع شدند تا کاملاً خشک گردند. در هنگام مطالعه دندان‌ها زیر میکروسکوپ، برخی به داشتن کرم‌خوردگی و پوسیدگی مشکوک شدند. این موارد از بقیه دندان‌ها که علائم وسیعی از انواع فرسایش‌ها را نشان می‌دادند، جدا گردید و بر روی آن‌ها عکس‌برداری با اشعه x انجام شد. (تصویر شماره ۶)

در عکس‌برداری با اشعه x که بر روی دندان‌های مشکوک به پوسیدگی و کرم‌خوردگی به عمل آمد، روشن شد که در هیچ‌کدام از دندان‌ها پوسیدگی و کرم‌خوردگی به طور قطع موجود نیست. (تصویر ۷)

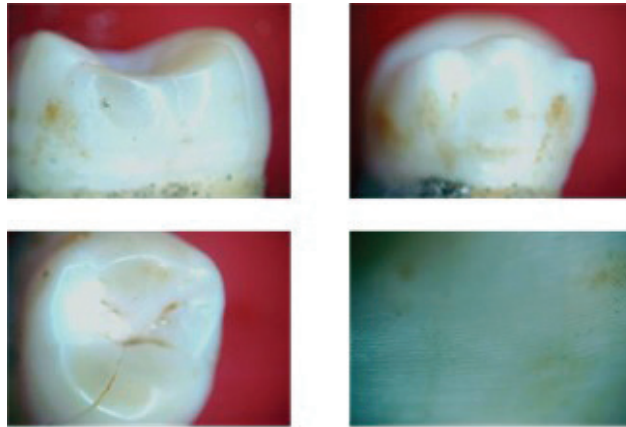
در پایان نمونه دندان‌های استخراجی به دو گروه ۳۵ تایی و ۴۰ تایی تقسیم شدند. یکی از مسائل مهم در نمونه‌سازی، یکنواختی آن است. باید دقت شود که از قسمت‌های مشابه نمونه‌ها برای تجزیه عنصری به روش PIXE استفاده شود. برای مثال، در این مطالعه باید مراقب بود که سطح مینای دندان در مقابل اشعه قرار داده شود تا در برداشت نتایج خللی ایجاد نشود. برای برخورد بهتر اشعه با سطح مینای دندان‌های دسته ۳۵ تایی بر روی قالب‌هایی ثابت گشتند سپس به سازمان انرژی اتمی ایران تحویل داده شدند. (تصویر شماره ۷) همچنین گروه ۴۰ تایی برای تجزیه ایزوتوپی به دانشگاه Reading² انگلستان فرستاده شد.

نتایج بدست آمده و بحث:

امروزه انسان‌شناسی زیستی توانسته است بسیاری از مسائل و مشکلات باستان‌شناسی سنتی را روشن و حل کند. برای نمونه هنگامی که بقایای انسانی با الگوها و هنجارهای فرهنگی ساکنان محوطه‌های باستانی تطبیق و مقایسه شوند، باستان‌شناسان بیش از پیش به شناخت و آگاهی از الگوهای معیشتی جوامع انسانی گذشته پی خواهند برد. از این رو مطالعه حاضر با در پیش گرفتن رویکرد تعامل و تبادل از علوم میان رشته‌ای مانند؛ انسان‌شناسی زیستی، باستان‌سنجی، مطالعات باستان جانورشناسی و باستان گیاه‌شناسی و باستان‌شناسی برای شناسایی الگوهای معیشتی ساکنان شهرسوخته در هزاره‌های دوم و سوم پ.م بهره برد. نتایج این مطالعه در سه قسمت به شرح زیر است:

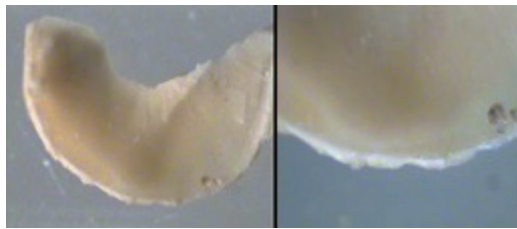
الف) مطالعات باستان‌شناسی و باستان‌جانورشناسی و باستان‌گیاه‌شناسی

در اواخر هزاره چهارم پ.م شهرسوخته بر روی دلتای رودخانه هیرمند در کنار دریاچه هامون بنیان نهاده شد. در آغاز شکل‌گیری، شهر؛ شهرکی ۱۵ هکتاری بود، اما در اواسط هزاره سوم پ.م به شهری ۱۵۰ هکتاری تبدیل شد. کاوش‌های باستان‌شناسی در شهرسوخته، نشانگر

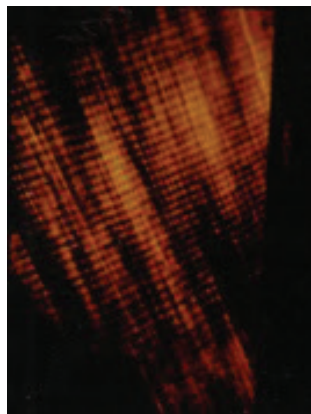


8301

تصویر ۳. عکس برداری با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر از نمونه‌های دندانی برای یافتن موارد مشکوک به هیپوپلازی مینای دندان



تصویر ۴. برش‌گیری از نمونه‌های دندانی برای مطالعه Incremental lines در مینای دندان



تصویر ۵. خطوط اینکریمنتال در نمونه دندانی رنگ‌آمیزی شده



6904

3905

5103

7816

2607

تصویر ۶. عکس برداری با اشعه X از نمونه های دندان‌های مشکوک به پوسیدگی و کرم خوردگی (اعداد چهار رقمی؛ شماره اسکلت‌ها هستند)



تصویر ۷. قالب گیری نمونه های دندان‌های برای ارسال به سازمان انرژی اتمی ایران

خود کفا بودن آن است. به طوری که انواع فعالیت‌های صنعتی، بازرگانی، کشاورزی، دامداری و صیادی در گوشه و کنار آن انجام می‌شده است. پوشش گیاهی مناسب و تنوع گونه‌های جانوری در دشت سیستان را می‌توان از سویی در نقوش و تصاویر سفال‌ها و پیکرک‌ها دید و از سوی دیگر در حجم عظیمی از استخوان‌های جانوران (خشک‌زی و آبی) و همچنین بقایای گیاهی که در کاوش‌های باستان‌شناسی شهرسوخته به دست آمده‌اند، مشاهده کرد.

در مطالعات باستان گیاه‌شناسی شهرسوخته دانه‌های انواع غلات و حبوبات و صیفی‌جات نظیر گندم، جو، عدس، ماش، ارزن، هندوانه، کدو، سیر و چوب درختان افرا، سپیدار، تاغ و گز تشخیص داده شده است. همچنین در نتیجه همین مطالعات، قدیمی‌ترین دانه‌های زیره و گشنیز جهان در شهرسوخته به دست آمده است. در مطالعات جانور باستان‌شناسی شهرسوخته، حجم عظیم استخوان‌های جانوران مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین صورت که از این مقدار ۲۱/۵٪ استخوان گاو، ۵۴/۵٪ استخوان گوسفند و ۲۳/۶٪ استخوان بز تشخیص داده شد. و تنها ۱٪ مابقی به استخوان‌های جانوران وحشی تعلق پیدا کرد. از میان بقایای جانوری، می‌توان به استخوان‌های ۴۱ نوع پرنده و نیز تخم پرندگان اشاره کرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت بودند از: غاز، اردک، مرغابی و انقوت. استخوان‌های انقوت تنها ۶۰٪ از کل استخوان‌های پرندگان را به خود اختصاص می‌دهد. از نکات دیگر در مطالعات باستان جانورشناسی، بقایای استخوانی و تیغه‌های ماهی‌ها است. در کنار این تیغه‌ها و استخوان‌های ماهی‌ها، می‌توان به ابزار صید و صیادی نظیر تور ماهی‌گیری و قلاب‌های فلزی اشاره کرد. (سید سجادی، ۱۳۸۲)

ب: مطالعات انسان‌شناسی

۷۵ دندان از ۱۳۵ اسکلت مطالعه شده که در سال‌های ۸۰ تا ۸۶ در گورستان شهرسوخته مورد کاوش قرار گرفته بودند، به صورت تصادفی خارج گردید. سپس با مطابقت دندان‌ها با گزارش‌های انسان‌شناسی بقایای انسانی شهرسوخته، جامعه آماری به دو گروه جنسی (زن، مرد، نامشخص) و سنی (کودک، بالغ، میانسال) تقسیم گردید. در ادامه، آزمایش‌های مقدماتی بر روی دندان‌ها در دانشکده دندان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شد. در نتیجه این آزمایش‌ها، سایش‌های عمیق، یک جهت و چند جانبه برای دندان‌ها تشخیص داده شد. همان‌طور که می‌دانیم این تغییرات ریخت‌شناسی دندانی در رژیم‌های غذایی پروتئینی دیده نمی‌شود. از طرف دیگر می‌توان این نوع ریخت‌شناسی را چنان که لورنتز فرض کرده است، در نتیجه استفاده از دندان‌ها به مثابه دست سوم دانست. (Lorentz 2008) همچنین در دندان‌ها میزان پوسیدگی و کرم خوردگی اندکی مشاهده شد. همان‌طور که می‌دانیم این نوع آسیب‌های دندانی سازگاری کمتری با رژیم‌های غذایی کربوهیدراتی دارد.

ج: مطالعات باستان‌سنجی

در این قسمت بر روی نمونه‌های دندانی، استخوان‌های جانوری و خاک در سازمان انرژی اتمی ایران آزمایش تجزیه عنصری به روش PIXE و در دانشگاه Reading آزمایش تجزیه ایزوتوپ‌های پایدار عناصر اکسیژن و کربن انجام پذیرفت.

مطالعه به روش pixe

در مطالعه به روش pixe عناصر کمیاب مورد بررسی قرار می‌گیرند. بدین ترتیب که هیدروکسی آپاتیت موجود در بخش معدنی استخوان به صورت خالص نیست و همیشه مقادیر بسیار ناچیزی از سایر عناصر در آن یافت می‌شود، غلظت این عناصر به اندازه‌ای کم است که به آن‌ها عناصر کمیاب می‌گویند. برای اینکه یک عنصر کمیاب بتواند به عنوان یک شاخص مناسب تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گیرد باید سطح آن در استخوان فرد زنده شاخص مناسبی از آنچه در مواد غذایی است باشد. بعلاوه تغییرات سطح آن پس از دفن بدن باید بسیار جزئی و ناچیز باشد تا سطح آن در استخوان‌های باستانی معادل مقادیری که در زمان حیات فرد به دست می‌آیند باشد. (مایز؛ ۱۳۸۱)

در روش pixe با اینکه مطالعه بر روی قسمت معدنی استخوان انجام می‌شود و قسمت معدنی به سهم خود از سختی بسیار بالایی نسبت به قسمت آلی استخوان (کلاژن) برخوردار است با این حال از استقبال خوبی از طرف انسان‌شناسان و باستان‌شناسان روبرو نشده است. چنانچه بیشتر محققان دیاژن پس از تدفین، نوسان‌های پیاپی تابش‌های پرتو x و همچنین نبود شاخص مناسبی از عناصر کمیاب در این روش را از معایب آن برمی‌شمارند. (Burton - Price 1994; Ezzo 1992; 2000; 1990). این باستان‌شناسان در ادامه تاکید می‌کنند هیچ عنصری از دیاژن در امان نیست و چون استخوان اجساد سریعاً یک بافت مغزی برای میکروارگانسیم‌های داخل خاک فراهم می‌کند؛ بنابراین مطالعه عناصر کمیاب باید با دقت فراوانی صورت گیرد و نتایج با حزم و احتیاط انتشار یابند. با این حال عناصر استرنسیوم (Sr) و باریم (Ba) از جمله عناصر پرکاربرد در مطالعات دیرین تغذیه‌شناسی هستند اما در این مطالعه مقادیر این عناصر به شکل قابل توجهی به دست نیامد تا مورد تفسیر قرار گیرد.

چنانچه از جدول شماره دو بر می‌آید نسبت کلسیم به فسفر که در حالت معمولی و طبیعی چیزی در حدود ۲،۲ باید باشد، نیست و این خود آلودگی دستگاه و وسایل آزمایشگاهی را نمایان می‌سازد. در این مطالعه و با آزمایش pixe دندان‌ها؛ عناصر آهن و روی در منابع غذایی پروتئینی یافت شدند، اما از آن جا که این دو عنصر از جمله عناصر کمیاب ضروری و حیاتی برای بدن هستند، سهم کمتری در مطالعات دیرین تغذیه‌شناسی به خود اختصاص

می‌دهند، و بدین ترتیب در مطالعه حاضر میزان عناصر آهن و روی را نمی‌توان نتیجه رژیم غذایی پروتئینی دانست بلکه مناسب‌تر به نظر می‌رسد است که وجود مقادیر این عناصر را با آلودگی‌های فیزیکی وسایل آزمایشگاه در ارتباط دانست. (مایز، ۱۳۸۱) همچنین در ارتباط با میزان عناصر سدیم و کلر می‌توان به موارد کاربری این املاح در مواد و محلول‌های شستشوی جسد در هنگام تدفین اشاره کرد. تنها عنصری که در دو گروه جنسی و سنی با هم تفاوت دارند، عناصر تیتانیوم Ti و سیلیسیوم Si هستند؛ بدین ترتیب که در گروه‌های جنسی، میزان عنصر تیتانیوم در زیر گروه مردان به شکل معناداری بیشتر از همین عنصر در زیر گروه زنان است. همچنین میزان عنصر سیلیسیوم Si در گروه‌های سنی، در زیر گروه بالغان بیشتر از دو زیر گروه دیگر است. با اینکه مقادیر این عناصر به طرز معناداری قابل توجه هستند اما بخاطر اینکه این عناصر شاخص تغذیه‌ای مناسبی نیستند نمی‌توان ارتباط مناسبی با منابع غذایی شهرسوخته پیدا کرد. از دیگر موارد قابل توجه جدول مذکور؛ میزان قابل توجه ترکیبات اکسیدی این عناصر در خاک گورستان شهر سوخته و مقادیر مشابه در بقایای انسانی است که تأثیرپذیری اجساد از خاک محل تدفین را برجسته می‌نمایاند.

در تجزیه عنصری به روش PIXE استخوان‌های جانوری، میزان یکسانی از عنصر استرنسیوم Sr در حیوانات دیده شد، چنانچه این میزان در مقایسه با استرنسیوم نمونه‌های انسانی قابل مقایسه نیست. (جدول شماره دو) بدین ترتیب قاعده کاهش عنصر استرنسیوم از گیاهان به گیاهخواران و از آن سو نسبت به گوشتخواران تایید می‌شود. همان طور که می‌دانیم استرنسیوم در گیاهان همان وظیفه‌ای را انجام می‌دهد که کلسیم در بدن حیوانات انجام می‌دهد؛ از این رو به نظر می‌رسد ساکنان شهرسوخته به پرورش دام اهمیت زیادی می‌داده‌اند. در تجزیه عنصری نمونه خاک گورستان شهرسوخته، انواع اکسیدهای معدنی عناصر دیده می‌شود. برخی از ترکیبات اکسیدی تحت فرایند دیاژنز بر بقایای انسانی اثرات شدیدی گذاشته‌اند، که اکسید تیتانیوم، اکسید سیلیسیوم و اکسید آهن از آن جمله‌اند. از آنجایی که این عناصر از میزان مشابهی در نمونه‌های دندان و خاک گورستان برخوردار هستند، می‌توان اظهار داشت که تغییر و تبدلات صورت گرفته تحت تأثیر شدید فرایند دیاژنز بوده است. (جدول ۲).

مطالعه به روش ایزوتوپی

استخوان از دو بخش آلی و معدنی تشکیل یافته است، قسمت عمدۀ بخش آلی استخوان از پروتئینی به نام کلاژن ساخته شده است. کلاژن از اسیدهای آمینه که ترکیبی از کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و گوگرد هستند تشکیل شده است. از این اجزا ایزوتوپ‌های کربن و نیتروژن جهت مطالعات مربوط به نوع رژیم غذایی بیشتر مورد توجه بوده است. (مایز؛ ۱۳۸۱)

چون تفاوت موجود در نسبت‌های بین ایزوتوپ عناصر در طبیعت و مواد غذایی متفاوت و ناچیز است نسبت ایزوتوپ‌های پایدار را معمولاً به صورت نسبت‌های ساده نمی‌نویسند بلکه به شکل واحد دلتا ثبت می‌کنند. دلتا یونیت میزان انحراف نسبت ایزوتوپ‌ها را به یک استاندارد مشخص اندازه‌گیری می‌کند. این میزان بر مبنای مقدار در هزار و با استفاده از نماد δ نشان داده شده و به طریق زیر محاسبه می‌شود:

این استاندارد در مورد کربن یک ماده معدنی موسوم به PDB و در مورد نیتروژن؛ هوا است. بیشتر مواد بیولوژیک دارای کربن ۱۳ کمتری نسبت به استاندارد مذکور هستند بنابراین مقادیر $\delta^{13}C$ کمتر از صفر هستند. بیشتر مواد بیولوژیک دارای نیتروژن ۱۵ بیشتری نسبت به هوا هستند بنابراین مقادیر $\delta^{15}N$ بیشتر از صفر هستند. (همان)

اما در این مطالعه آزمایش‌های ایزوتوپی انجام گرفته بر روی نمونه‌های دندانی چندان موفقیت‌آمیز نبوده‌اند. چنانچه از بیشتر دندان‌ها کلاژنی به دست نیامد. تنها در دو نمونه ایزوتوپ‌های عناصر کربن و نیتروژن به دست آمده است. این تدفین‌ها به ترتیب به شماره ۴۵۰۲ و ۳۲۰۱ مربوط به زیرگروه نامشخص از نظر جنسی و زیرگروه بالغ از نظر سنی است. دلتا نیتروژن این نمونه‌ها به ترتیب ۱۵,۵ و ۱۵,۸ و دلتا کربن نمونه‌ها به ترتیب ۱۹,۱ و ۱۸,۷ است.

همانطور که از نمودار شماره یک بر می‌آید از کل نمونه‌های ما چهارده نمونه هیچ‌گونه ایزوتوپی گزارش ننموده و بیست نمونه هم تنها به گزارش میزان بسیار جزئی از ایزوتوپ‌ها نایل آمده است. (نمودار شماره ۱)

از دلایل عدم موفقیت این روش می‌توان به دیاژنز اسکلت‌ها اشاره کرد و البته مقدار ناچیز کلاژن در مینای دندان. همانطور که دیگر باستان‌شناسان تاکید کرده‌اند در خاک‌های به شدت کربناتی دیاژنز فرایندی به شدت تخریب‌کننده خواهد بود. (Van Klinken 1999). اما از سوی دیگر و همانند نتایج طیف سنجی به روش PIXE گزارش‌های ایزوتوپی نمونه‌های جانوری شهرسوخته از وضوح و روشنی مناسبی برخوردار بود. چنانچه از نمودار شماره دو بر می‌آید از ده نمونه ارسالی تنها یک نمونه هیچ ایزوتوپی گزارش نشده و باقی نمونه‌ها گزارش‌هایی از ایزوتوپ‌ها ارایه داده‌اند. (نمودار شماره ۲)

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه تحلیل عنصری نمونه‌ها به هر دو روش ایزوتوپی و PIXE با نرم‌افزار آماری SPSS ارزیابی شدند. در بررسی کلی می‌توان اظهار داشت که در رژیم‌های غذایی دو گروه

جنسی و سنی، عناصر از میزان یکسانی برخوردار هستند و از این رو به نظر نمی‌رسد که میان رژیم غذایی زنان و مردان تفاوتی وجود داشته باشد. (نمودارهای ۳ و ۴) همچنین در

$$\delta^{13} = \left[\frac{(C_{13} / C_{12})_{\text{sample}}}{(C_{13} / C_{12})_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000$$

$$\delta^{15}N = \left[\frac{(N_{15} / N_{14})_{\text{sample}}}{(N_{15} / N_{14})_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000$$

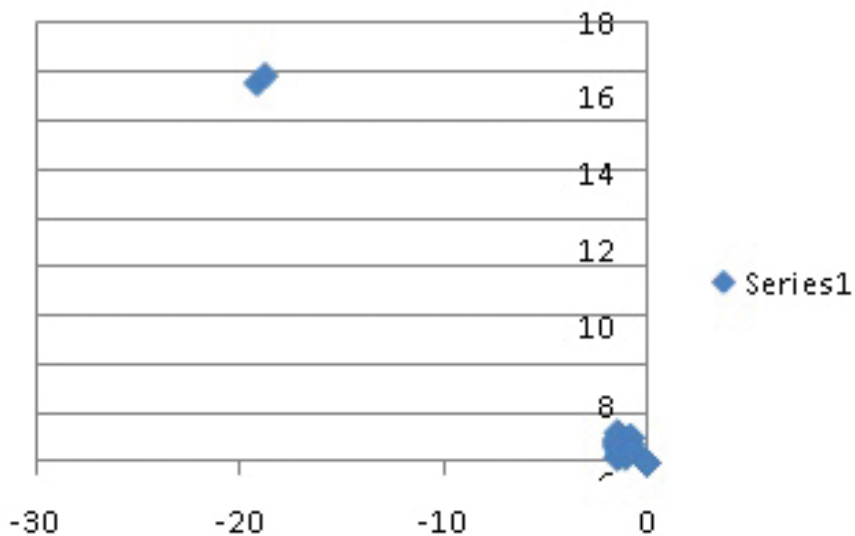
رژیم غذایی کودکان، افراد بالغ و میانسال هم تفاوتی دیده نمی‌شود. میانگین مطالعه PIXE عناصر در دندان‌ها نشان می‌دهد که، اکسیژن، کلسیم، فسفر، سدیم و کلر به ترتیب بیشترین عناصر را تشکیل می‌دهند. می‌توان افزایش کلسیم و فسفر را به آلودگی‌های ابزار و ادوات آزمایشگاهی در ارتباط دانست و همچنین و فور عناصری کاهنده مانند اکسیژن و کلر را در راستای اکسیده شدن شدید عناصر در محیط و در کلیت فرایند دیاژنز قلمداد کرد. به طوری که از آزمایش خاک شهرسوخته بر می‌آید، میزان اکسیدها و کربنات‌ها از سایر ترکیبات معدنی بیشتر است. به این ترتیب با آنکه استخوان‌ها ظاهراً از وضعیت مناسبی برخوردارند اما فرایند دیاژنز در استخوان‌ها به اندازه‌ای شدید بوده است که هیچ کلاژنی را در اختیار ما نگذارده است.

سپاسگزاری

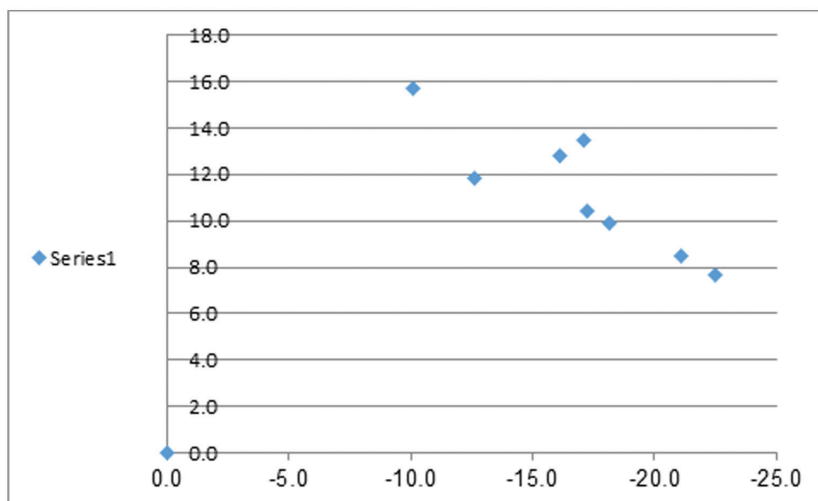
نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشمند برجسته جناب آقای دکتر لامعی و همچنین از باستانشناس گرانمایه جناب آقای دکتر سید سجادی سرپرست کاوش در شهرسوخته و دهانه غلامان؛ تقدیر و تشکر نمایند؛ چون بدون بذل توجه از طرف بزرگواران مذکور مطالعه حاضر انجام نمی‌گردید.

sample	Na	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn	Sr	O	other
1	-	-	-	15.76	2.4	2.13	-	42.23	-	-	-	-	0.12	37.36	-
2	6.67	2.56	21.17	1.84	1.62	6.97	0.83	14.89	2.56	-	0.7	0.12	-	39.77	-
3	-	-	1.86	13.75	1.28	1.54	0.1	43.21	0.05	-	0.24	.01	0.1	37.86	-
4	4.05	-	-	18.71	0.78	1.94	-	35.69	-	0.03	0.09	0.04	-	38.67	-
5	-	-	3.9	4.56	1.62	1.62	0.65	51.07	1.95	-	2.6	0.52	-	31.51	-
6	-	-	-	17.26	0.58	0.94	-	41.96	-	-	-	0.06	-	39.2	-
7	-	6.64	2.22	14.04	0.58	2.16	0.06	33.86	-	-	0.25	0.06	-	40.13	-
8	-	-	0.45	18.35	0.35	0.35	-	40.1	-	-	0.07	0.05	-	39.78	-
9	35.28	-	0.68	4.45	2.9	2.13	0.03	12.2	-	-	0.03	0.02	0.06	23.05	-
10	-	-	0.44	18.86	0.49	1.12	0.03	42.12	-	0.03	0.07	0.08	-	38.76	-
11	-	-	0.53	17.8	0.5	0.88	-	40.83	-	-	-	0.06	-	39.4	-
12	-	-	0.87	16.35	1.5	2.67	0.04	40.6	-	-	0.17	0.1	0.09	37.54	-
13	-	1.52	4.37	13.52	1.57	1.82	0.3	37.92	0.06	0.05	0.5	-	-	37.51	-
14	-	-	-	10.1	2.45	0.91	-	52.08	-	0.91	0.6	0.61	0.46	33.95	-
15	-	-	1.31	16.21	0.4	0.86	0.15	41.88	-	0.02	0.65	0.05	0.05	37.9	-
16	-	4.27	5.72	12.56	0.92	1.14	0.36	35.9	0.08	-	0.8	0.08	-	37.29	Mg: 1.05
17	-	-	-	16.52	0.75	1.02	-	43.16	-	-	0.07	0.08	-	38.65	-
18	-	0.58	2.56	16.18	0.5	1.23	0.03	40.51	-	-	0.17	0.07	-	37.51	-
19	-	0.68	1.63	16.49	1.05	3.23	0.04	38.72	-	-	0.09	0.09	-	38.28	-
20	-	-	1.43	12.5	0.75	1.05	0.09	47.25	0.09	-	0.19	0.09	-	36.74	-
21	-	-	1	17.93	0.67	1.23	0.03	39.79	-	-	0.08	0.04	-	39.23	-
22	35.76	1.04	5.02	0.96	1	28.77	0.44	4.37	0.12	-	1.32	-	-	21.2	-
23	-	-	0.72	16.37	0.43	0.79	0.44	43.19	-	-	0.13	0.06	-	38.27	-
24	-	-	-	18.17	-	1.37	-	40.66	-	-	-	0.04	-	39.76	-
25	-	-	0.47	17.33	1.09	1.42	-	40.85	-	-	0.07	0.03	0.07	38.68	-
26	-	0.08	-	1.68	3.08	6.15	0.28	4.55	-	-	39.14	2.82	13.07	28.25	-
27	-	-	-	16.7	-	0.75	-	44.41	-	-	-	0.1	-	38.67	-
28	-	1.65	4.86	14.02	0.71	1.06	0.35	37.55	0.08	-	0.98	0.07	-	38.67	-
29	-	-	1.02	18.1	0.67	0.96	0.08	39.74	-	-	0.35	0.06	-	39.02	-
30	-	-	0.61	17.72	3.45	2.92	0.08	38.55	-	-	0.04	-	0.13	37.5	-
32	-	-	0.44	16.98	0.7	0.92	-	42.06	-	-	0.03	0.03	-	38.84	-
32	24.75	0.46	2.42	3.62	1.99	25.63	0.16	16.44	0.32	-	0.51	0.06	0.09	23.64	-
33	32.54	1.08	4.08	1.65	1.28	29.57	0.29	6.82	0.14	0.03	1.15	0.03	0.05	21.29	-
34	9.04	-	0.81	14.73	1.69	5.69	0.06	32.5	-	-	0.09	0.03	0.06	35.3	-
35	25.62	0.83	2.08	7.01	4.04	11.86	0.17	19.56	0.04	-	0.15	0.03	0.05	21.29	-
Vg	11.92	-	0.86	11.38	5.41	8.33	0.05	29.93	-	-	0.07	0.07	-	-	-
Bon2	19.72	-	0.43	8.22	2.03	18.49	1.42	20.6	-	-	-	-	-	31.98	-
Bon3	-	-	0.7	15.96	1.8	2.56	0.34	40.84	-	-	0.04	0.01	0.09	29.096	-
Bon5	-	-	0.62	17.29	1.21	1.8	0.11	40.16	-	-	-	0.01	0.14	38.66	-
Bon7	-	0.98	3.87	12.49	2.41	2.89	0.94	36.79	0.04	-	0.34	0.04	0.17	39.4	-
Bon8	-	-	-	17.43	1.25	1.87	0.03	40.63	-	-	-	0.01	0.1	38.66	-
Bon11	-	-	1.76	11.3	2.57	1.87	0.82	43.31	-	0.11	0.17	0.01	0.1	37.88	-

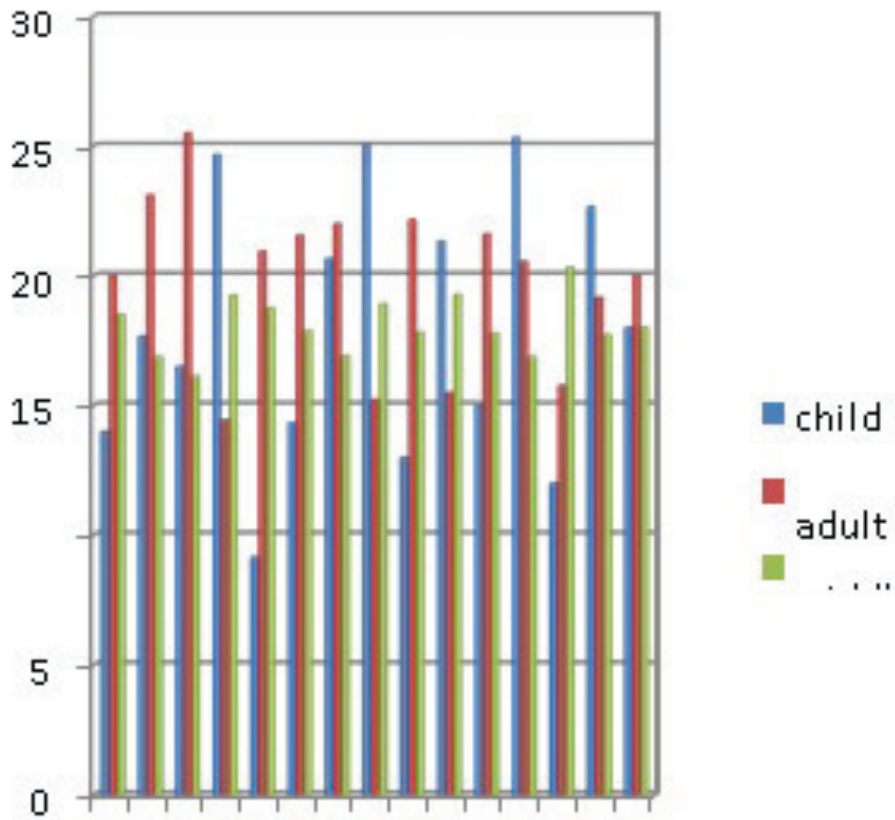
جدول ۲. نمایانگر مقادیر طیفسنجی عناصر به روش PIXE بر حسب ppm



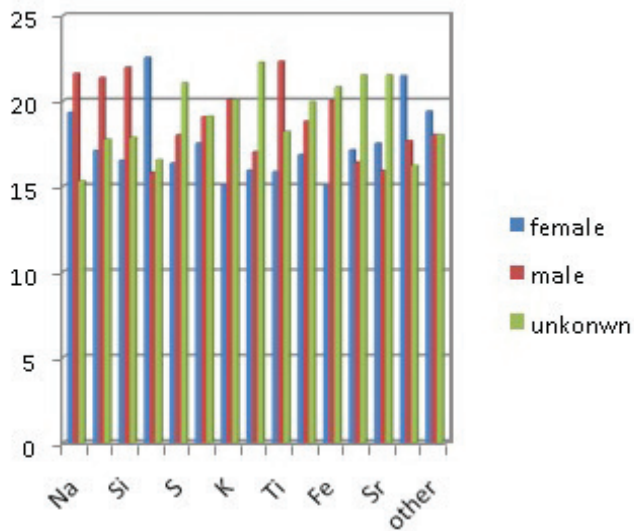
نمودار ۱. نمایانگر مقادیر ایزوتوپ‌های عناصر کربن و نیتروژن در نمونه‌های انسانی شهرسوخته



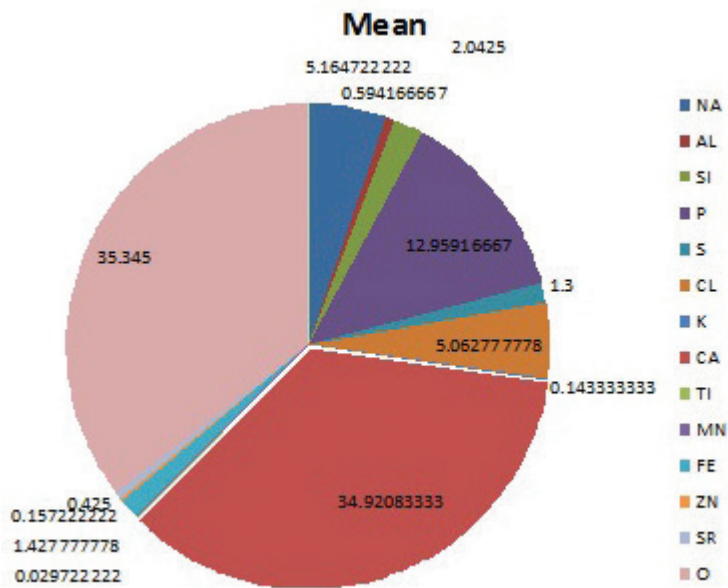
نمودار ۲. نمایانگر مقادیر ایزوتوپ‌های کربن و اکسیژن در نمونه‌های جانوری شهرسوخته



نمودار ۳. نمودار طیف‌سنجی عناصر به روش PIXE در گروه‌های سنی



نمودار ۴. نمودار طیف‌سنجی عناصر به روش PIXE در گروه‌های جنسی



نمودار ۵. میانگین طیف‌سنجی عناصر به روش PIXE در دندان‌ها

