



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

شیمی تجزیه در تحقیقات باستان شناسی

باستان شناسی، مطالعه جوامع انسانی گذشته از طریق تحلیل بقایای مواد می باشد. کاربرد شیمی تجزیه در تحقیقات باستان شناسی به طور قابل توجهی در طی 50 سال گذشته افزایش یافته است و امروزه به عنوان یک زیر رشته روش شناختی اصلی در چارچوب علم باستان شناسی محسوب می شود. این مقاله مروری به بررسی روش هایی می پردازد که باستان شناسان به طور موفق این روش ها را در طرح های تحقیقاتی خود گنجانده اند و در عین حال بر پیشرفت ها و محدودیت های موثر بر مناسبت و بهینگی فنون خاص برای سوالات تحقیق خاص تاکید می کند. مقالات مروری گسترده و رساله های سبرگ، رینی و رالف، مک گاورن، براتول و پولاندر، پولارد و بری، برنارد و ارکنز و مالینی، همگی اصول اساسی فنون تجزیه (تحلیلی) و کاربرد آن ها در تحقیقات باستان شناسی در اختیار می گذارند. این مقاله مروری بر چالش های خاص ناشی از تحلیل و تجزیه مواد باستان شناسی نادر و قیمتی، لزوم آگاهی از شرایط نظیر موقعیت مکانی، دوره زمانی، روابط فرهنگی و ماهیت سایر اشیا و مصنوعات برای واقعی جلوه دادن اهداف تحقیق و پیشرفت های عمده و مهم در دانش و درک ما از تاریخ بشر که حاصل همکاری های بین رشته ای بین باستان شناسان و متخصصان شیمی تجزیه می باشند، دارد.

مفهوم غیر تخصصی باستان شناسی، به معنی گنج یابی، اشیای نادر و زیبا و جمع آوری آثار هنری باستانی، پارادایم: ایندیانا جونز" (تا حدودی به دلیل کشفیات مشهور هاینریش شیلمن) که شهر تروی را در 1870 میلادی حفاری کرد)، هیرام بینگهام (که پناهگاه اینکا ماچو پیچو را در 1911 کشف کرد) و و هوارد کارتر (که معبد توتنخامون را در 1920 میلادی در مصر کشف کرد) اطلاق می شود.

بهترین تعریف از باستان شناسی مدرن، تحقیقات مبتنی بر داده، تجربی و با طراحی دقیق می باشد که بر کشف رفتار های انسان و فرایندهای اجتماعی مربوط به مصنوعات و اشیا متمرکز است. باستان شناسی امروزی، دیگر مربوط به یافتن اشیا نیست بلکه مربوط به درک و فهم اشیا است. کاربرد شیمی تجزیه بر روی مواد باستان شناسی، به بخشی لاینفک و ضروری از تحقیقات باستان شناسی مدرن بدل شده است.

یکی از پیشگامان استفاده از شیمی تجزیه در مطالعه اشیای باستان شناسی، الفرد لوکاس (1867-1945) می باشد. لوکاس که یک شیمی دان تجزیه با سابقه کار در پزشکی قانونی بود، در 1898 به قاهره نقل مکان کرده و برای مراکز مختلف خدمات استعماری بریتانیا کار کرد. او در سن 55 سالگی باز نشسته شده و به باستان شناسی مصر روی آورد. اندکی بعد، لوکاس به عنوان مشاور شیمی دان برای وزارت آثار باستانی مصر (که تا موقع مرگ در همین سمت قرار داشت) منصوب شده و هوارد کارتر از او خواست تا در آزمایش و حفاظت از اشیای کشف شده از معبد توتنخامون به او کمک کند (شکل 1). او به خاطر کتاب خود با عنوان " صنایع و آثار باستانی مصر " که از زمان اولین انتشار آن در 1926 بارها تجدید چاپ شده است، شهرت فراوانی کسب کرده است.

انسان، همانند همه موجودات دیگر، ساختار شیمیایی بدن و محیط خود را با فعالیت های روزانه خود تغییر می دهد. این فعالیت ها متغیر از فعالیت های روز مره (تهیه، آماده سازی و مصرف غذا و نوشیدنی، دور ریختن زباله، تولید و استفاده از ابزار های اساسی) تا فعالیت های فرهنگی (استفاده از رنگ برای اهداف تزئینی، مصرف محرک ها و مواد توهم زا در مراسم ها و یا مومیایی کردن مرده ها) تا فعالیت های خارق العاده (هم جنس خواری، متالورژی، اصلاح ژنتیک گیاهان و حیوانات، استفاده از دارو ها و درمان ها) میباشند. همه این رفتار ها، اطلاعات اساسی را در خصوص شیوه سازمان دهی سیاسی و اقتصادی انسان ها، شیوه و چگونگی تنظیم پاسخ ها به محرک های محیطی و اجتماعی، چگونگی تعادل علایق و منافع آن ها در برابر علایق و منافع گروه بزرگ تر و فراتر از نیاز های روزمره، شیوه انتخاب افراد برای زندگی در محیط پیچیده و دنیای دارای عدم قطعیت، در اختیار قرار می دهند

شیمی تجزیه ابزاری مهم برای دست یابی به تاریخ های تقویمی مطلق برای مکان های باستانی (رادیوکربن ها و سایر اشکال تاریخ یابی ایزوتوپیک)، ارتباط مواد خام مورد استفاده در ماقبل تاریخ با منابع ژئوشیمیایی آن ها) تجزیه اکسیژن، نیتروژن، استرانسیوم و سایر ایزوتوپ ها)، استخراج ترکیب عنصری اشیا و مصنوعات از طریق انگشت نگاری عنصری و طیف سنجی (فلورسنس اشعه ایکس، انکسار اشعه ایکس، فعال سازی نوترون)، شناسایی مولکول های آلی کوچک نظیر اسیدهای چرب، چربی، استرول ها، ترپنوئیدها، آکالوئیدها، و کربوهیدرات (ترکیب کراماتوگرافی گازی و طیف سنجی جرمی)، ترکیب کراماتوگرافی مایع و طیف سنجی جرمی و ترکیب کروماتوگرافی مایع و طیف سنج جرمی متوالی ((LC/MS/MS) و برای شناسایی مولکول های آلی بزرگ تر از

جمله پپتید ها، پروتین ها و اسید های نوکلئیک (رادئوایمنوسی، تست الیزا، LC/MS و LC/MS/MS) می باشد. هر یک از فنون روش شناختی در کاربرد به طیف متغیری از مواد باستان شناسی دارای معایب و مزایای خاص بسته به ماهیت نمونه و نوع فعالیت های انسانی مورد نظر می باشد.

با توجه به این که بودجه محدود است و موانع سیاسی و حقوقی در کشف نمونه های باستان شناسی در مرز های بین المللی، فنون تجزیه ای بایستی به طور دقیق انتخاب شوند تا بر این مسائل غلبه شود، ضمن این که جمع اوری داده ها بهینه سازی شود. تحلیل و تجزیه امروزه با استفاده از روش های مختلف برای بررسی کامل نمونه صورت می گیرد. ما در این جا به بررسی منابع مربوط به فنون پرداخته و تاکید می کنیم که بیشتر کارها و مطالعات شامل کاربرد فنون مختلف برای جمع اوری مجموعه داده های مکمل می باشند.

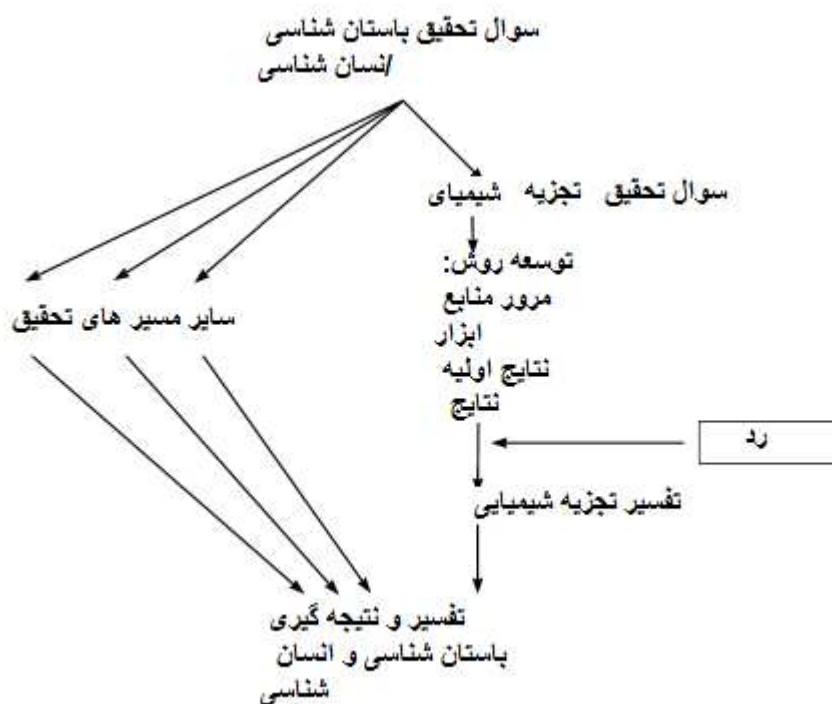


شکل 1: شیمی دان تجزیه و مصر شناس، الفرد لوکاس (1867-1945) در آزمایشگاه خود در معبد فرعون 2 در دره کینگ. این جایی است که در آن در اوایل دهه 1920 میلادی، او اقدام به تجزیه و حفاظت از اشیای معبد توتنخامون در دره قبل از انتقال آن ها به قاهره کرد.

محدودیت ها و ملاحظات

استفاده از فنون شیمی تجزیه بر روی نمونه های باستان شناسی با محدودیت هایی از جمله تشکیل پرونده های باستان شناسی، محدودیت های نمونه برداری در طی کار میدانی، اهمیت اطلاعات زمینه ای و ماهیت آزمایش در محل همراه است. شیمی تجزیه در زمینه های باستان شناسی معمولاً به دو شکل است. اول، محققان می توانند یک پیمایش و تحقیق کلی در مورد یک شی یا مصنوع خاص انجام دهد به خصوص اگر هیچ علایمی از آن ها وجود نداشته باشد و یا داده های معیار را برای تست آینده ایجاد کند. دوم، محققان می توانند به طور ویژه به بررسی و تست حضور یا غیاب یک ترکیب خاص بپردازند. این دو رویکرد به سوالات مختلف پاسخ می دهند. اولی، غیر تخصصی بوده و منجر به نتایج عمومی تر می شود، در حالی که دومی امکان توسعه روش های دقیق را داده و نتایج دقیق ولی تخصصی تری را می توان استنباط کرد. برای مثال با کشف یک کوزه سرامیکی، این سوال پیش می آید که آیا این کوزه برای اهداف منفعت طلبانه استفاده می شده است و یا تنها برای دکوراسیون بوده است و به این ترتیب تحلیل اکتشافی برای شناسایی ترکیبات موجود در ظروف تا حدودی به حل این سوال کمک می کنند. هم چنین اگر یک کوزه مشابه در بقایای ابرجوسازی قدیمی یافت شود، این فرض وجود دارد که این نمونه نقش مهمی در فرایند ابرجوسازی ایفا می کرده است. از این روی وجود محصولات تخمیری در سرامیک به پذیرش این فرضیه کمک می کند. این مثال دوم، نشان دهنده نقش مهم شرایط و زمینه مربوطه در نمونه برداری باستان شناسی است. اشیایی که فاقد اطلاعات می باشند، بی فایده هستند. اطلاعات مربوط به محل بافت مکانی و زمانی اشیا، جمع اوری داده ها و سایر اشیایی که در کنار آن یافت شده اند و تاریخچه و فراوری اشیا، از زمان کشف در محل، بایستی قبل از انجام آنالیز های شیمیایی گمراه کننده و مخرب، تعیین شود. نبود اطلاعات زمینه ای موجب می شود تا نتایج مربوط به تحلیل های بیشتر برای پاسخ به سوالات تحقیق، بی فایده شود.

نمونه های باستان شناسی اغلب نادر و غیر قابل تکرار هستند و از این روی محدودیت های زیادی در خصوص ماهیت آزمایشات وجود دارد. به این ترتیب هیچ کنترل واقعی برای آنالیز شیمیایی مصنوعات وجود ندارد، زیرا همه نمونه ها از نظر شرایط و زمینه منحصر به فرد می باشند. اگرچه امکان بازتولید و کپی برداری از یک ظرف سرامیکی وجود دارد، ولی ما نمی توانیم کلیت محیطی که در آن قرار داشته است را باز تولید کنیم و ایجاد شرایط اکسیداسیون و ایشویی که در معرض آن قرار گرفته است بسیار سخت می باشد. به علاوه، آزمایشات را نمی توان به طور نامحدود انجام داد. آنالیزها اغلب مخرب هستند و نیازمند مجوز دولت ملی و افراد ناظر می باشند. بیشتر این آنالیزها را نمی توان در محیط میدانی انجام داد و از این روی نمونه ها بایستی بدون هزینه صادر شوند. به علاوه، مدیریت و جمع آوری میدانی نمونه ها موجب تغییر ویژگی شیمیایی یک شی می شود و به این ترتیب، باستان شناسان بایستی آنالیزهای بالقوه خود را قبل از کشف نمونه در نظر بگیرند. برای اجتناب از این محدودیت ها، پیشنهاد می کنیم که استفاده از روش های شیمی تجزیه برای مواد باستان شناسی بایستی با طراحی سوالات تحقیق دقیق همراه باشد و نقش باستان شناسی به عنوان یک علم اکتشافی و حلقه ارتباطی بین رشته ای بین علوم اجتماعی، انسانی و طبیعی نیازمند توجه به روش شناسی و کاربرد آن است.



شکل 2: تحقیقات شیمی تجزیه نمی تواند پاسخ های کاملی را به سوالات انسان شناختی ارایه کند بلکه بایستی در پروژه های تحقیقاتی باستان شناسی بزرگ تر لحاظ شود که در آن ها اطلاعات منابع مختلف ترکیب می شود.

فراوانی نسبی ایزوتوپ های عنصری پایدار و ناپایدار

آنالیز ایزوتوپی برای بررسی سن یا منشا جغرافیایی آثار باستانی از جمله بقایای انسان استفاده می شود. اندازه گیری مقدار ایزوتوپ های باقی مانده پایدار با نیمه عمر های مناسب برای اندازه گیری زمان در مقیاس باستان شناسی نظیر کربن 4 و اورانیوم 238، از شیوه های رایج برای سن یابی مواد آلی می باشد. به علاوه، فرایند های زیستی، جغرافیایی و اقلیم شناسی منجر به تغییرات جهانی در توزیع ایزوتوپ های مختلف بسیاری از عناصر می شود. در نتیجه، فراوانی نسبی این ایزوتوپ ها را می توان برای تعیین منشا مواد خام محلی و نیز موجودات نظیر انسان استفاده کرد. مقایسه نسبت های فراوانی نسبی ایزوتوپ های عنصری نظیر Pb, H, O, S, Cu, Sr, Sn می تواند ابزار های موثری برای مکان یابی صحیح منشا جغرافیایی یافته های باستان شناسی باشد و به ابزاری مهم برای بررسی تجارت و مهاجرت انسان تبدیل شده است. محصولات امرار معاش نیز دارای علائم ایزوتوپی می باشند. تفاوت ها در فتوسنتز مسیر های بین گیاهان سه کربنه و چهار کربنه نیز منجر به تغییراتی در جذب نسبی کربن 12 و کربن 13 می شود، تفاوتی که در نسبت $^{13}C/^{12}C$ مصرف کننده گان گیاهان منعکس می شود. به علاوه، مقدار نسبی ^{15}N در مقایسه با ^{14}N تا 3 درصد در هر مرحله از زنجیره غذایی افزایش می یابد اثری که در محیط های دریایی با زنجیره های غذایی بلند مشهود است. اندازه گیری وفور نسبی این ایزوتوپ ها در استخوان و بقایای آلی می تواند اطلاعات مهمی در خصوص فرایند های غذایی در اختیار بگذارد.

ظهور سن یابی رادیو کربن، مهم ترین نوآوری روش شناختی در تاریخ باستان شناسی است. قبل از تست های رادیو کربن، باستان شناسان زمان را به صورت روابط نسبی چینه شناسی اندازه گیری می کردند که در آن لایه های عمیق تر در حفاری به صورت قدیمی تر در نظر گرفته می شوند. در بخش هایی از جهان با تاریخ کتبی، بقایای مواد از طریق ارتباط آن ها با متون سن یابی می شوند. این البته در مناطق بدون اسکریپت ها یا متون کشف نشده سخت می باشد. ویلارد لیبی و همکاران، روش رادیو کربن را با استفاده از اشیا و مصنوعات آلی با منشا و سن مشخص از جمله نمونه هایی از کشتی های چوبی کشف شده در معابد مصری، بخش هایی از کف

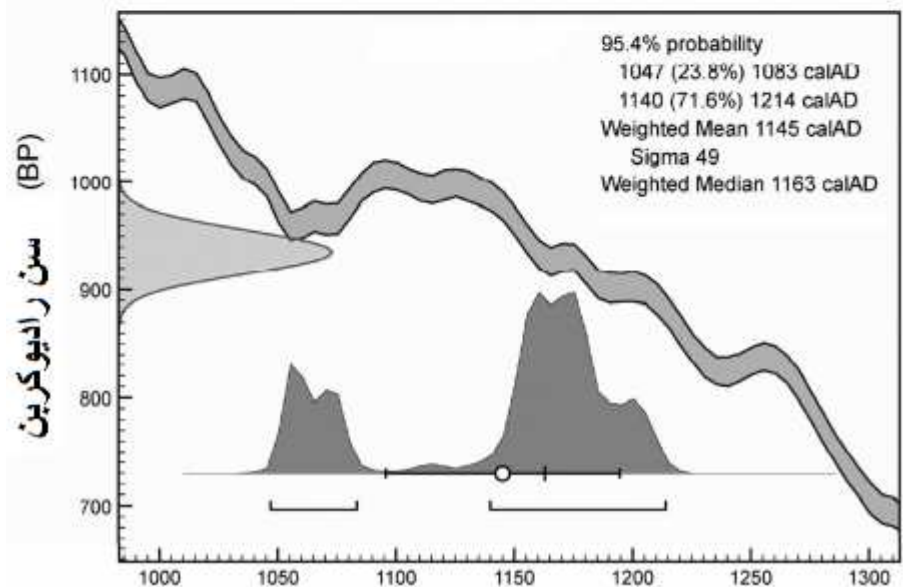
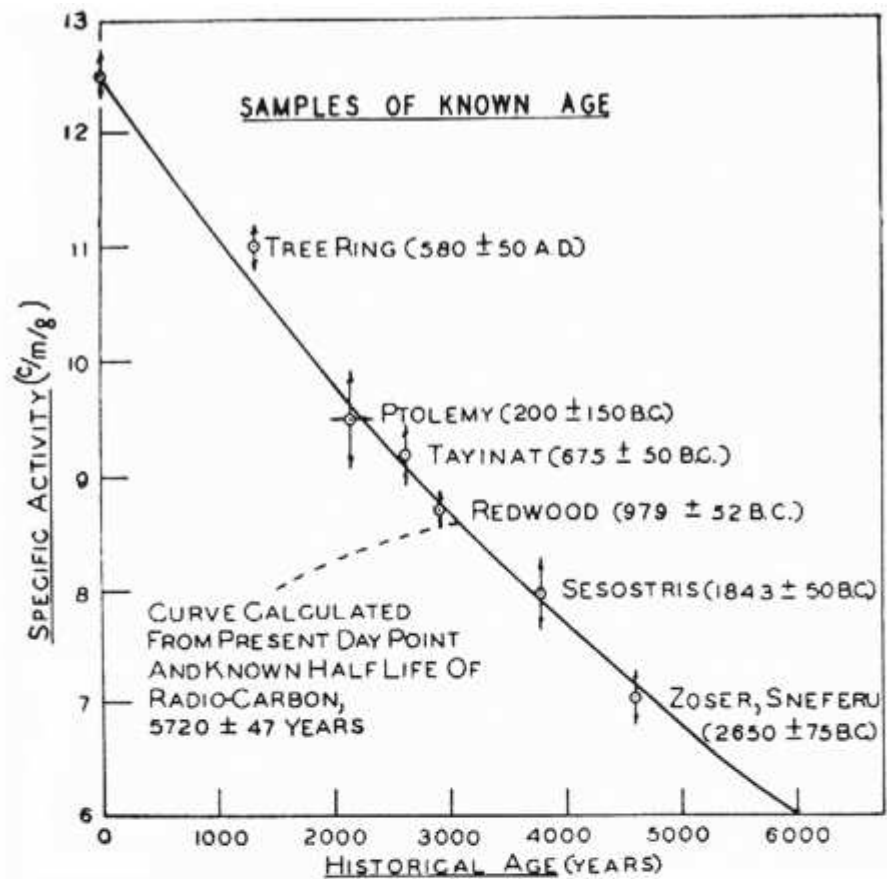
چوبی قصر سیرو هیتی توسعه دادند. این پیشرفت های اولیه در سن یابی ایزوتوپی ناپایدار از طریق شمارش پرتوهای بتا، پر هزینه بوده و مخرب می باشد و به ازای هر نمونه نیازمند یک اونس چوب یا 8 گرم کربن است. توسعه طیف سنج جرمی که در آن فراوانی کربن 14 نسبت به ایزوتوپ های کربن 12 و 13 اندازه گیری می شود، با روش شمارش پرتودهی بتا به دلیل دقت بالا و افزایش دامنه موثر روش های سن یابی رادیوکربن تا 40000 سال پیش جایگزین می شود. این روش اگرچه هنوز یک بخش مخرب از تحلیل است با این حال ارزش فراوانی دارد.

سن یابی رادیوکربن دقیق نیازمند یک منحنی واسنجی است که از آن سن یک نمونه با میان یابی به جای اندازه گیری مستقیم $\delta^{14}\text{C}$ استخراج می شود. دلیل این است که بر عکس فرضیات اولیه لیبی، تولید کربن 14 در استراتوسفر فوقانی ثابت نیست بلکه با مقدار پرتو نوسان دارد. به علاوه، کربن می تواند برای مدت زمان طولانی در سازند های اقیانوسی و زمین شناسی باقی بماند. دوره های افزایش فرسایش، انفجار آتش فشان و تلاطم اقیانوس ها علاوه بر حجم زیادی از سوخت های فسیلی منجر به آزاد سازی مواد بدون رادیوکربن می شود. آزمایشات هسته ای اتمسفری منجر به مقدار زیادی از کربن 14 اتمسفری شده است. چندین منحنی واسنجی از سن اورانیوم توریوم و از لایه های مربوط به تشکیلات و سازند های آهکی جمع اوری شده است. اهمیت سن یابی ایزوتوپی ناپایدار تحت تاثیر تفاسیر شرایط باستان شناسی و تصمیمات میدانی قرار دارد. استفاده مجدد از اشیای الی در باستان را بایستی در نظر گرفت که دلیل وجود تفاوت های بارز در داده های سن یابی برای اشیای مربوط به یک مکان می باشد.

مقایسه فراوانی نسبی نسبت های ایزوتوپ اکسیژن ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)، نیتروژن ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$)، کربن ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)، استرانسیوم ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)، هیدروژن ($^2\text{H}/^1\text{H}$) و سایر عناصری که در بافت های الی قرار می گیرند، فرصتی را برای پاسخ به سوالات در مورد مهاجرت انسان و تغذیه او ارائه می کند. استرانسیوم توسط گیاهان و جانوران جذب شده و در نهایت به مقدار کم در استخوان و دندان ذخیره می شود. در استخوان، کلسیم و استرانسیوم با منابع غذایی جایگزین می شود و با فرض اثر ایزوتوپی ناچیز بر روی جذب، اثر ایزوتوپ ها منعکس کننده نسبت در محیط محلی است. مینای دندان تجدید نمی شود و با فرض یکسان، نسبت ایزوتوپ ها منعکس کننده نسبت در محیط اطراف در زمان تشکیل دندان است. به شرط این که بدن زیر خاک جا به جا نشود، نسبت فراوانی

نسبی ایزوتوپ های استرانسیوم در استخوان و دندان می تواند نشان دهد که آیا افراد فاصله زیادی را از محل تولد خود جا به جا شده اند یا خیر.

در برخی از موارد، عملیات و شیوه های خاص جا به جایی افراد می تواند اطلاعات مهمی در اختیار بگذارد. برای مثال، آنالیز استرانسیوم، O و سرب بقایای انسان در پناهگاه اینکا در موچو پیچو ناهمگنی زیادی را در نسبت های فراوانی نشان داده و این حاکی از آن است که جمعیت ساکن، همه جا زی بوده اند در مورد دیگر، مولکول های آب حاوی اکسیژن کم تر بخار می شوند و به صورت بارندگی نازل می شوند. چنری و همکاران از این پدیده همراه با آنالیز ایزوتوپی استرانسیوم استفاده کرده و نشان داده اند که ارتش روم در جزایر بریتانیا متشکل از سربازانی از مردم محلی و سربازان غیر محلی بوده است که در اقلیم های گرم تر متولد شده بودند (32-38). در هر دو مورد نسبت های استرانسیوم در کنار شواهد ایزوتوپی از جمله کربن، نیتروژن، اکسیژن و سرب قرار گرفته و نتایج قوی را در اختیار گذاشت. نسبت های ایزوتوپ های پایدار نیز روشی را برای منبع یابی آثار باستانی نادر و قیمتی در اختیار می گذارد به خصوص زمانی که نتوان این مواد را با آنالیز های عنصری بررسی کرد. برای مثال، آزمایش فراوانی نسبی مس و هیدروژن در میان کانی های فیروزه ای در جنوب غرب آسیا، مربوط به منابع فیروزه ای بوده است. این داده ها امکان ایجاد شبکه های تبدیلی ای را می دهد که از حامل های مهم برای جریان مواد، افراد و ایده ها در دنیای باستان بوده اند.



داده های واسنجی شده

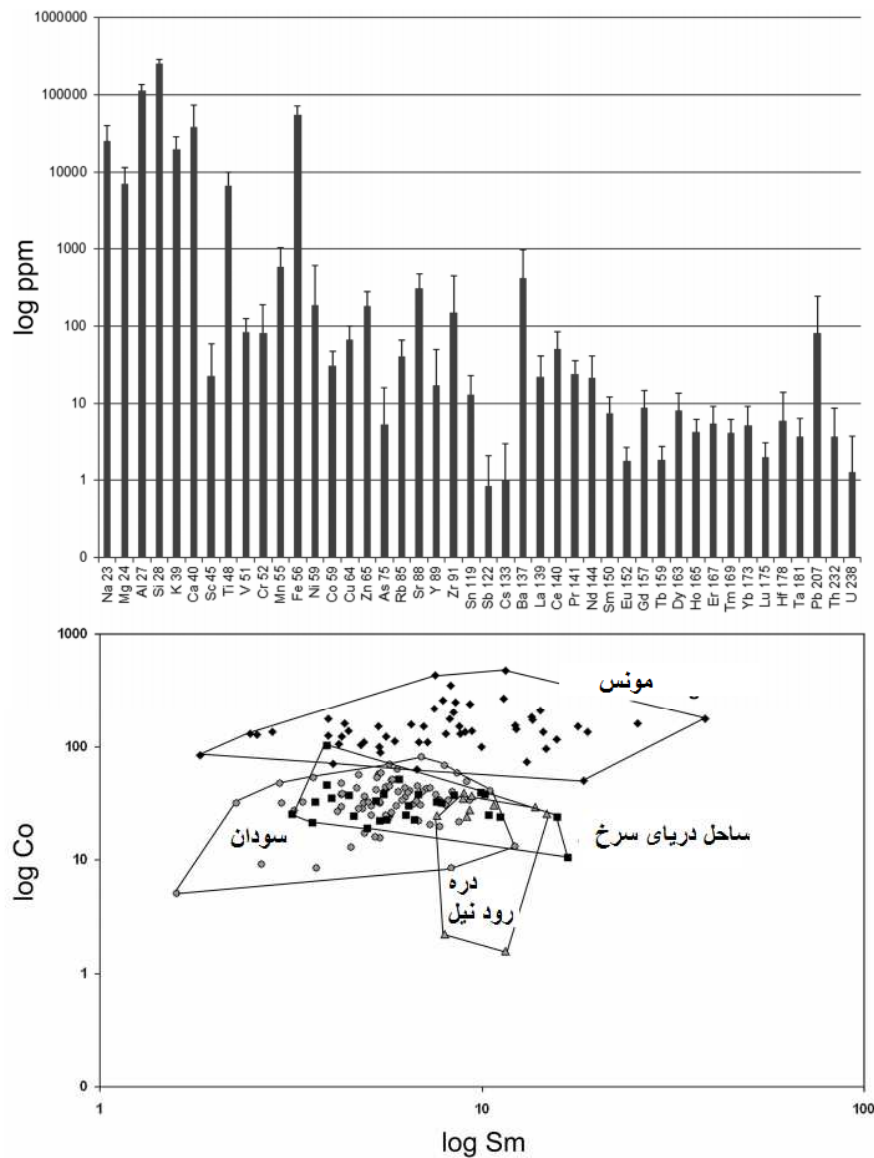
شکل 3: بالا: اولین گراف منتشر شده توسط ویلارد لیبی در اوایل 1950 میلادی که شواهدی را در خصوص مفهوم سن یابی رادیوکربن با نشان دادن یک رابطه خطی بین سن معلوم اشیای تست شده و تجزیه کربن 14 اندازه گیری شده در اختیار می گذارد. پایین: منحنی واسنجی رادیوکربن مدرن برای زغال های چوب یافته شده در جنوب پرو ترکیبات نسبت ایزوتوپ اکسیژن که بسته به فاصله از ساحل متفاوت می باشند، برای تعیین

الگوهای سکونت و ترکیب خانوارها استفاده می‌شوند. برای مثال در موج والی در شمال پرو، محققان اقدام به مقایسه ترکیبات ایزوتوپی اکسیژن فسفات در منابع آب شیرین محلی با بقایای انسانی در معابد محلی از جمله بدن قربانیان پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که زنان از جوامع خود به جوامع همسران خود حرکت می‌کردند. مردان نیز معمولاً زندگی خود را در نزدیکی محل تولد خود ادامه می‌دادند. برعکس، قربانیان مرد در جشن‌ها و مراسم‌ها، علائم ایزوتوپی متفاوتی را نشان می‌دادند که حاکی از یک منشا جغرافیایی متفاوت برای قربانیان است.

اندازه‌گیری نسبت‌های ایزوتوپ نیتروژن و کربن در بقایای انسانی امکان تعیین استفاده از گیاهان 3 کربنه در برابر گیاهان 4 کربنه را به خصوص گندم و جو (گیاهان با مکانیسم سه کربنه) در مقایسه با ذرت و ارزن (4 کربنه) می‌دهد. مطالعاتی که بر نسبت‌های ایزوتوپی نیتروژن متمرکز هستند امکان شناسایی سطوح بالای ماهی را در رژیم غذایی فراهم می‌کند، و این در حالی است که سطوح بالای از سطوح نیتروژن 15 می‌تواند ناشی از عملیات چرا و ریختن مدفوع باشد. این نشان‌دهنده اهمیت آزمایشات مدرن به عنوان منبع مرجع برای تفسیر رژیم غذایی جمعیت‌های انسانی باستان می‌باشد.

انگشت نگاری عنصری

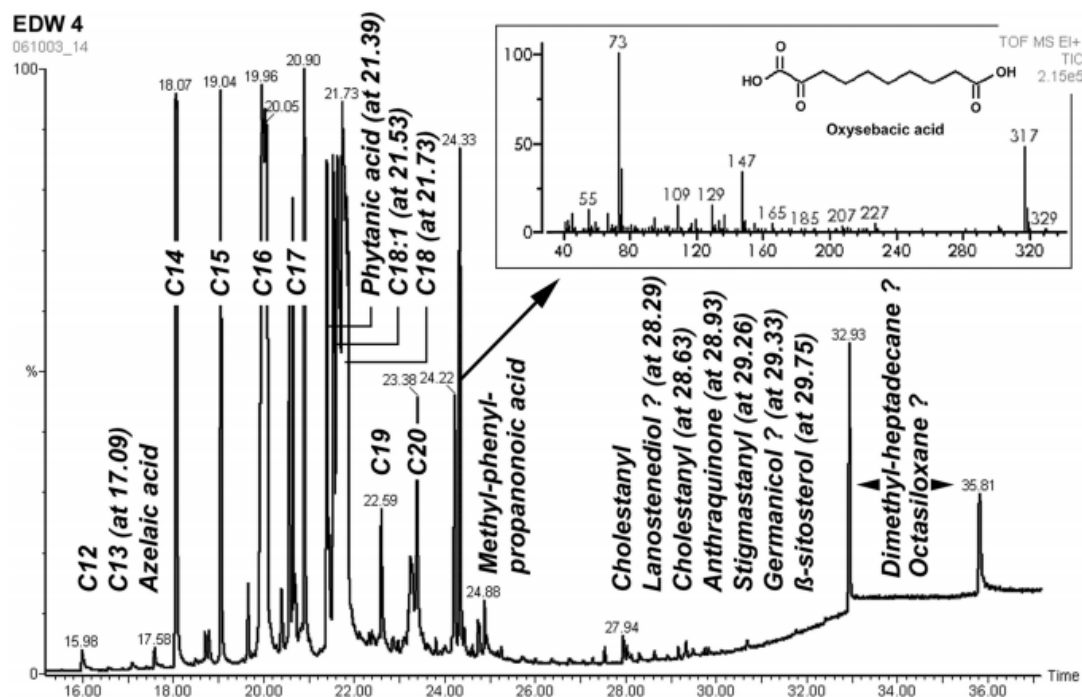
فنون انگشت نگاری عنصری از طریق XRF، تحلیل فعال سازی نوروون ابزاری (INAA) و یا طیف سنج جرمی پلاسما القا شده جفتی ابزاری را برای منبع یابی مواد خام ارایه کرده و امکان بازسازی شیوه‌های تجارت و مبادله را ارایه می‌کند. اثر بخشی XRF برای منبع یابی باستان شناسی بستگی به این فرضیه دارد که ترکیب شیمیایی در سرتاسر نمونه همگن می‌باشد. این موجب موثرتر شدن این روش برای منبع یابی مواد ترکیبی درون اشیاء نظیر شیشه‌های آتش فشانی می‌شود. منبع یابی رس‌های مورد استفاده در تولید سرامیک در امریکای میانه و مصر استفاده شده است، اگرچه این‌ها چالش‌های تفسیری و روش‌شناختی را به دلیل ناهمگنی نمونه ارایه می‌کند. ابزارهای XRF امکان تحلیل کم‌هزینه و به موقع را در محل می‌دهد، با این حال صحت، مقایسه پذیری و اعتبار آماری اندازه‌گیری‌های PXRF هنوز مورد بحث است. مقایسه مستقیم با انگشت نگاری عنصری آزمایشگاهی نشان می‌دهد که PXRF، به طور دقیق گروه‌های ترکیبی را نشان می‌دهد.



شکل 4: بالا: فراوانی بر حسب قسمت در میلیون که با طیف سنج جرمی پلاسما از 44 عنصر انتخاب شده در ماتریس سرامیکی تولید شده در مصر و سودان در طی قرن 4 و 6 هجری تعیین می شود. داده ها نشان دهنده فراوانی میانگین حاصل از 189 اندازه گیری انجام شده در تکه سفال شکسته می باشد.

از دیدگاه عملی، رویکرد های INAA و ICPMS از PXRf از این نظر متفاوت هستند که آن ها بایستی در آزمایشگاه استفاده شوند و مخرب نیز می باشند. اگرچه INAA و ICPMS حساس بوده و با مجموعه زیادی از

عناصر سرو کار دارد، هزینه های آزمایشگاهی و تجهیزات نیز بالاتر است. INAA اولین بار بر روی نمونه های باستان شناسی با منشا مشخص توسط سیر و همکاران به صورت بخشی از کنسرسیوم باستان شناسان و شیمی دان ها تست شد. با استفاده از سرامیک های سفالی باز یابی شده از مناطق باستانی در خاورمیانه و خاور دور، محققان اثبات کرده اند که الگوهای تجزیه قطعات پرتوهی بر طبق منشا جغرافیایی آن ها متفاوت بوده است.



شکل 5: کروماتوگرام گازی (نمایش جریان یون کل، فراوانی نسبی بر حسب درصد بقایای الی استخراج شده از ظروف سرامیکی CE قرن 4 و 6 از جنوب مصر پس از تبدیل به مشتقات تری متیلزیل. مولکول ها در نمونه ها با مقایسه الکترونیکی طیف های جرمی با طیف ها در نسخه 2002 شناسایی شدند.

مولکول های آلی مونومری

مولکول های آلی خاص مربوط به مناطق باستان شناسی یا مصنوعات از طریق استفاده از روش های طیف سنج وزنی شناسایی شده اند. از این روی، سوالات مربوط به تولید، توزیع و استفاده از مواد الی در دنیای باستان پاسخ داد. بیشتر مواد آلی در معرض ایشویی و تجزیه میکروبی و شیمیایی قرار می گیرند و از این روی نشانگر های زیستی مفید آن هایی هستند که بتوانند به مدت طولانی در رسوبات باقی بمانند نظیر اسید های چرب، ترپنویید ها و استرول ها. نمونه ها از محیط های مختلف مورد آنالیز قرار گرفته اند و تنها محدود به خاک ها، مو یا بافت انسان نبوده اند. ماتریس های سرامیکی، مکان هایی عالی برای حفظ مولکول های الی می باشند زیرا تخلخل آن

ها امکان حفاظت از نیروهای مخرب را می دهد. سرامیک ها از رایج ترین اشیای یافت شده در مناطق باستان شناسی می باشند.

GC/MS از زمان ترکیب این دو روش در 1960 میلادی قابل دسترس بوده است با این حال در اواخر 1970 میلادی وارد باستان شناسی شده و با پیشرفت های روش شناختی در 1990 میلادی همراه بود. در حال حاضر، GC/MS برای شناسایی تولید و استفاده و مصرف لبنیات، گوشت و سبزیجات، طعم دهی مشروبات، گیاهان، چسب های رنگی، شراب ها، عطر ها، رنگ های مولوسکان، کرم های بهداشتی، موم ها، رزین های تری ترین، لاستیک ها، چربی ها، مواد سایکواکتیو از جمله مسکالین و تنباکو استفاده شده است. این مواد مربوط به رفتار های خاص در دنیای باستان بوده است و از این روی آنالیز ها بایستی در چارچوب یک روش تحقیق مناسب سازمان دهی شوند. GC/MS در عین حال در شرایط حفاظتی و موزه برای درک بهتر فرایند های تجزیه و حفاظت در مطالعات اتمسفری خاص و یافتن منشا رنگ ها و نیز ابزاری برای درک تجزیه چوب های باتلاقی و مردابی استفاده می شود.

استفاده از GC/MS تا حدودی به دلیل سهولت استفاده از داده ها برای شناسایی مولکول های ناشناخته با مقایسه الگوهای جزء بندی یونیزاسیون الکترون با کتابخانه های طیفی جرمی مرجع می باشد. این امکان تحلیل بقایای الی باقی مانده را در سرامیک های باستان شناسی داده و اطلاعاتی را در مورد غذا های موجود در این ظروف استفاده ارایه می کند. سایر مزایا شامل ماهیت کمی فرایند ها و وضوح GC می باشد. مزیت های تحلیل با GC/MS با نیاز به پایداری حرارتی آنالیت جبران می شود که با مشتق سازی شیمیایی بدست می آید. GC/MS روشی برای تحقیقات باستان شناسی بر روی بقایای الی است. وقتی که مواد باستان شناسی ناشناخته در معرض تست های تجزیه قرار می گیرند، هیچ گونه شاهد آزمایشی وجود ندارد. ماهیت ترکیبی، پیچیده و تخریب شده نمونه های باستان شناسی مستلزم توسعه پروتوکل های مناسب است. ملاحظات دیگر شامل مواد الی خاص منطقه ای نظیر گیاه اروای سفید (اراگروستیز) یا سلمه تره (گیاه) به عنوان منبع غذایی و استفاده از موادی است که غیر منتظره می باشند زیرا آن ها به طور رایج در جامعه مدرن استفاده نمی شوند. معمولا تحلیل گران اولین بار پروتوکل های آزمایشی را با نمونه های مشخص توسعه داده اند که در برابر مواد باستان شناسی تست می شوند. پروتوکل های مناسب معمولا در اثبات روش های تشخیص برای استر متیل اسید چرب استفاده

شده اند. اگرچه طیف وسیعی از آنالیزهای ایزوتوپی پروتئومیک، لیپید و پایدار انجام شده اند، با این حال، هیچ یک از هفت گروه تحقیقاتی شرکت کننده قادر به شناسایی منشا بقایا تا سطح گونه ای نبوده اند.

LC همراه با طیف وسیعی از دتکتور ها در تحقیقات باستان شناسی از زمان 1980 میلادی برای تحلیل بقایا در سرامیک و رنگ های آلی بر روی پارچه ها استفاده شده اند. مزایای LC در ترکیب با واجذب لیزر و یونیزاسیون الکترو اسپری MS در جی سی مس شامل این حقیقت است که مولکول ها لزوماً از نظر حرارتی پایدار نیستند و از این روی نیازی به مشتق سازی مواد شیمیایی نیست. به دلیل این مزیت، جی سی مس، در اندازه گیری طیف وسیعی از مولکول های آلی استفاده می شود. با این حال عدم جزء بندی در طی LD و ESI اغلب موجب پیچیده تر شدن شناسایی مجهولات می شود. اگرچه الگو های جزء بندی را می توان با استفاده از جی سی مس بدست آورد، با این حال تفسیر این الگو ها به صورت تفسیر الگوهای جز بندی EI توسعه نیافته است. حساسیت بالا موجب کمینه سازی مقدار نمونه های مورد نیاز شده و از این روی موجب کاهش نمونه برداری مخرب می شود. واشبورن و همکاران از LC-MS برای تشخیص مقدار پیکومول تئورومین در سفالگری هوهوکام با شست و شوی گلدان ها با آب استفاده کرده و وجود مشروبات مبتنی بر کاکائو را از امریکای میانه در جنوب غرب امریکا اثبات کرده اند. LC مرتبط با شناساگر های نور مرئی و فرابنفش، از جمله تشخیص ارایه دیود طول موج هم زمان، برای تشخیص و تمایز بین رنگ های بافتی مختلف مفید بوده است.

برخی از پروژه های تحقیقاتی نیازمند یک سطحی از حساسیت و ویژگی می باشند که تنها از طریق طیف سنجی جرمی متوالی پیکر بندی شده برای انجام آزمایشات پایش واکنش چندگانه حاصل می شوند. برای مثال، اسید تارتاریک موجود در شراب های قرمز را می توان در ترکیبات سرامیکی بر اساس داده های LC/MS، شناسایی مالودین، رنگ ها در شراب قرمز و نشانگر محصولات انگور یافت که نیازمند یک راهبرد پیشرفته تر می باشند. از نظر برنارد، حذف اسید سیرینجیک از نمونه های سرامیک باستان با استخراج فازی جامد امکان پذیر است. نمونه ها با یک بازی فراوری شدند که نسبتی از مالویدین باقی مانده را به اسید سیرینجیک تبدیل می کند. شدت سیگنال نمونه نهایی 50 برابر بیش از شدت بازیابی شده از 30 نانولیتتر شراب قرمز تجاری بوده است.

MS/MS همراه با طیف وسیعی از روش های آماده سازی نمونه، ویژگی لازم را برای تمایز بین چربی شکم و لبنیات گونه های چندگانه از طریق تری سیکلوگلیسرول ارایه کرده و امکان درک دقیق تغییرات اقتصاد باستان

را می دهد. گارنیر و همکاران از IRMPD برای ایجاد دیتابیس خاص گونه ای روغن های نباتی و چربی های حیوانی استفاده کرده اند که برای یافتن منابع سوخت برای لامپ های بازایی شده از منطقه باستانی البیا در اوکراین که به قرن پنجم قبل از میلاد بر می گردد استفاده شده است. رویکرد LC/MS/MS برای حل چالش های حفاظتی موزه مرتبط با ذخیره مواد باستان شناسی در تجهیزات مدرن و شناسایی رنگیزه های نامطلوب در تثبیت کننده های لاستیک استفاده شده است.

LC/MS و GC/MS برای شناسایی نمونه هایی که حاوی محصولات الی بوده اند، موثر بوده است. چون بقایای باستانی، ترکیبات پیچیده ای با منشا گیاه، حیوان و مواد معدنی است، هر دو روش همراه با راهبرد های تحقیقاتی دیگر استفاده شده اند برای مثال برای رنگ های متشکل از رنگیزه های غیر الی و چسب های الی.

مولکول های آلی پلیمری

تشخیص و شناسایی DNA و پروتین ها از اهمیت زیادی برای مطالعه جوامع باستان برخوردار است. ناپایداری شیمیایی نسبی قطب ریوز و فراگیر بودن آنزیم های RNase، نبود این پلیمر را در نمونه های باستان توجیه کرده اند در حالی که پلی ساکارید ها به آسانی با شست و شو و حملات میکروبی از بین نمی روند. سرعت شناسایی ارزش پروتئومیک توسط باستان شناسان برای شناسایی پروتین های خاص گونه در باقی مانده ها از نمونه های باستان بیانگر تعامل بین شیمی دانان تجزیه و باستان شناسان می باشد. هر دو راهبرد یونیزاسیون ESI و LD به طور موفق استفاده شده اند. این پیشرفت ها موجب افزایش توانایی ما برای بحث در خصوص گله داری و تولید لبنیات و اثر تحقیقات پروتئومیک توسط باستان شناسان حیات وحش در دنیای بیولوژی حفاظتی شده است.

گونه ویژه بودن مربوط به پروتئومیک از اهمیت زیادی برای مطالعه اهلی سازی و عملیات دیرین تغذیه ای برخوردار است. گونه های مختلف پستانداران از طریق پپتید ها از نمونه های کلاژن استخوان قابل شناسایی می باشند. این به باستان شناسان امکان شناسایی گونه های غذایی، را می دهد. محدودیت های باستان شناسی نظیر تمایز بین بز و گوسفند بر اساس مورفولوژی استخوان، از طریق رویکرد های پروتئومیک حل می شود.

در واقع، نمونه های کوچک و تجزیه شده، منجر به استفاده از رویکرد های مبتنی بر پپتید شده اند. برای مثال پروتین های شیر گاوی در 4000 سال قبل از اشیای حفاری شده در اوایل قرن 19 شناسایی شده اند. ین و

همکاران توسعه داده های پروتئومیک به عملیات تولید معیشتی، عملیات تولید شیر و لبنیات مربوط به پنیر و کفیر را از عصر برونز شناسایی کرده اند.

آنالیز های مشابه بر روی غذا های گیاهی به کار برده شده اند. شورنکو و همکاران از تحلیل LC/MS/MS نمونه ها در محیط ژل برای شناسایی گونه های غلات در معابد استفاده کردند. محققان نشان دادند که نان های خمیر ترش تولید شده از ترکیب ارد ارزن و جو، یک گزینه غذایی مطلوب در میان مردمان چین غربی در 5000 سال قبل از میلاد بوده است که دارای منبع کافی فیبر، ویتامین ب، مواد معدنی و انتی اکسیدان بوده است. در فراتر از محصولات غذایی، رویکرد های مشابه برای تعیین منبع محصولات ثانویه نظیر پوست و خز استفاده شده است. چامبری و همکاران از سیستم LC برای تمایز بین زرده تخم مرغ، سفیده و پروتین کازئین در عوامل چسبنده در نقاشی های دیواری قرن بیستم استفاده کردند. کراتین ها پروتین های پایداری هستند که در مو، پوست، ناخن و همراه با کلاژن یافته شده و برای تعیین هویت گونه ها در نمونه های باستان استفاده می شوند. نمونه های تحریب شده نیازمند شرایط خاصی برای کاهش پیوند های دی سولفیدی می باشند که در کاترین ها فراوان هستند. همانند همه مواد آلی، یک مسئله مهم، استخراج و عصاره گیری ماده از اشیای باستانی است. روش های بهبود کارایی فرایند عصاره گیری، توجه زیادی را در سال های اخیر جلب کرده است. استخراج به کمک مایکرو ویو و هضم با موفقیت برای شناسایی پروتین ها از سرامیک استفاده شده اند.

علاوه بر تحلیل بقایای پروتین برای شناسایی نتایج مربوط به ماکرومولکول ها، سایر ابعاد شیمی پروتین، مسیر های بالقوه ای را برای سن یابی نمونه های باستانی ارائه کرده است. این ها شامل جزء بندی، اکسیداسیون، کاهش دی سولفید می باشند. معینی و همکاران از راسمیک مبتنی بر دما از اسید اسپارتیک آزاد شده از پروتین پس از هیدرولیز اسیدی برای سن یابی ابریشم های باستان استفاده کرده اند. تفکیک ایزومر های D-L- مستلزم استفاده از الکتروفورز موینه و مشتق سازی با معرف کایرال قبل از تفکیک کراماتوگرافی می باشد.

کاربرد فناوری های ایمنولوژیکی برای شناسایی پروتین ها در نمونه های باستان، منطبق بر کاربرد طیف سنجی جرمی بوده است. یک نیاز اصلی در این جا این است که عوامل تعیین کننده آنتی ژنیک برای تشخیص بقایای حفظ شده در پروتین ها از نمونه های باستان می باشد. گرما دهی پروتین ها موجب کاهش قدرت آن ها می شود: مطالعات آزمایشی نشان می دهد که محیط های پخت سرامیک، محیط های حفظ ضعیفی را برای پروتین

های قابل تشخیص ایمنولوژیک ارایه می کنند. یک مزیت نسبت به طیف سنجی جرمی، حساسیت زیادی است که با روش های مبتنی بر آنتی بادی حاصل می شوند. ایمنو الکتروفورز کراس اول، RIA و ELISA برای ارتباط بقایای پروتئین از سرامیک و ابزار های سنگی با گونه های خاص حیوانی استفاده شده اند. هر روش از ویژگی های فیزیکی خاص برای شناسایی رابطه و همبستگی مثبت بین آنتی بادی ها و آنتی ژن ها بهره می برد. مسائل مربوط به واکنش آنتی بادی به خصوص در پروتئین های همولوگ در گونه های مختلف منجر به بروز اختلافاتی در خصوص تفسیر یافته شده است.

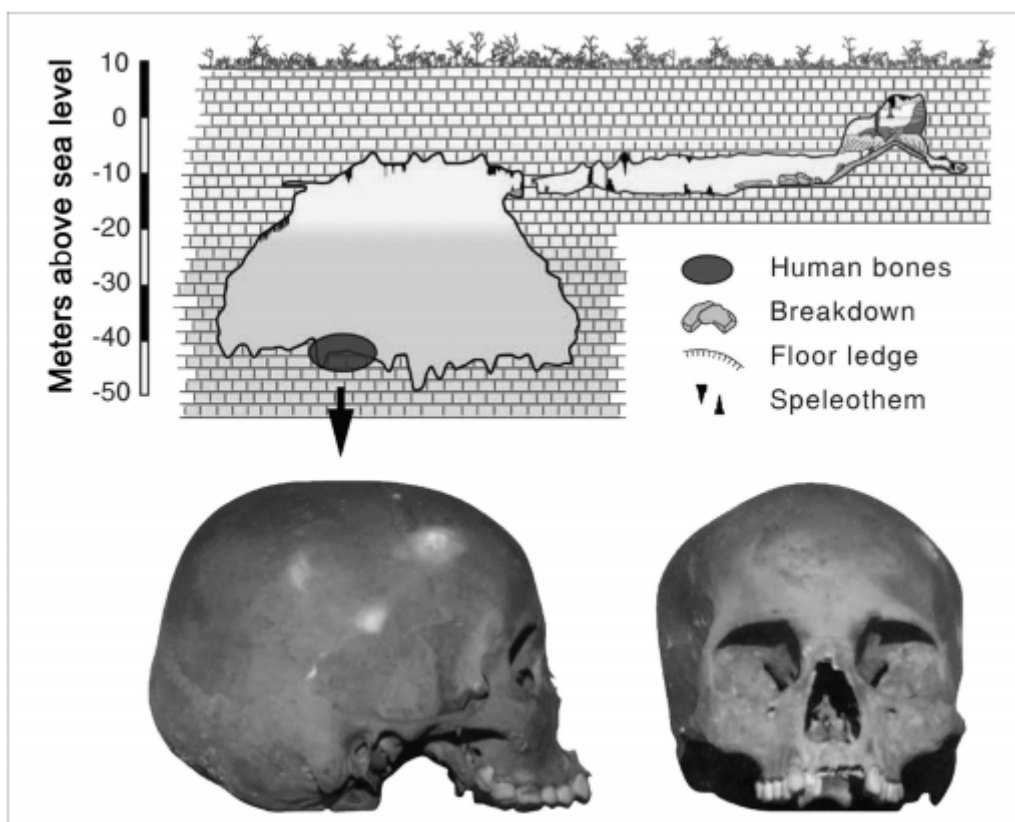
CIEP اولین بار در تحقیقات باستان شناسی در اواخر 1980 میلادی معرفی شد زمانی که پروتئین های نمونه برداری شده توسط تیومن بر روی ابزار های سنگی از جنگل های تایگا در کانادا مطالعه شدند. پروتئین های خون از ابزار های سنگی، یک زیر مجموعه عظیمی از آنالیز ها را تشکیل می دهد اگرچه این روش بر روی پروتئین ها از مدفوع انسان و خاک استفاده شده است. تحلیل CIEP مربوط به شرایط باستان شناسی می باشد.

تحلیل های الیزا از تشخیص آنتی بادی مربوط به تست گزارشگر کالریمتری برای شناسایی ترکیب هدف استفاده می کنند. این تست ها، 100 تا 1000 برابر حساس تر از CIEP می باشند. این رویکرد به طور موفق برای شناسایی گونه قطعات کوچک مواد استخوانی استفاده شده است. پروتئین های خون بر روی مواد لیتیک با الیزا قابل تشخیص بوده و این موجب شده است تا این نسبت به CIEP بهتر باشد. تحقیقات نشان داده اند که محیط های دفن و فرایند های دیاژنتیکی، بهتر قادر به کنترل نشان گر های پروتئین های خاص می باشند. در 1984، هیاجی و همکاران موفق به استخراج دی ان ای از ماهیچه کواگای 150 ساله در موزه تاریخ طبیعی مینز لندن شدند. محققان a-DNA را مستقیماً از نمونه های باستان شناسی استخراج کردند که پابو موفق به کلون DNA از جسد مومیایی شده 2400 ساله کودک مصری شد. این موفقیت های اولیه نشان دهنده این بود که دی ان ای می تواند در محیط های خاص زنده بماند.

DNA باستانی استخراج شده از مواد گیاهی و جانوری، امکان تعیین دقیق سلامت مواد غذایی را می دهد به خصوص وقتی که نمونه ها تحت تحلیل ماکروسکوپی قرار نگرفتند. دی ان ای از محتویات روده اوتسی دو غذای اخر ان را نشان داد: گوشت بز کوهی، گیاهان دو لپه ای و غلات و سپس گوزن قرمز. به علاوه، تعیین این گونه های شکار نشانی دهد که سفر آخر اتسی مربوط به جنگل های برگ ریز تحت الپی بوده است. Adna نقش

مهمی در رد یابی راهبرد های مدیریت جانوری ایفا می کند به خصوص زمانی که تفاوت های ریخت شناسی بین گونه ها به سختی قابل پایش میکروسکوپی باشند. بارنز و یانگ از تحلیل a-DNA برای تمایز بین بقایای گاز های وحشی و اهلی از سکونت گاه های ما قبل تاریخی استفاده کردند. در برخی موارد، مسیر یابی تغییرات ژنتیکی در گونه های غذایی در طی هزاره دوم به باز سازی رویداد های پراکنش انسان کمک می کند. تغییرات بلند مدت در اکولوژی بیماری انسان را می توان از طریق a-DNA همراه با تحلیل دیرین پاتولوژیکی بقایای اسکلتی مسیر یابی کرد به خصوص زمانی که آنالیز ها کنترل شده باشد. بیماری های خاص می توانند بر بافت ها تاثیر بگذارند.

مطالعات مربوط به جمعیت شناسی از تحلیل a-DNA استفاده کرده اند.



شکل 6: تصویر و محل مجسمه یک زن 15 تا 16 ساله در زمانی که فوت کرده است. اسکلت او در هویو نگر و در شبه جزیره یاکتان مکزیک یافت شده و به 12000 تا 13000 سال پیش باز می گردد. علی رغم ویژگی های فنوتیپ چهره، که متفاوت از فنوتیپ امریکای بومی می باشد، DNA میتوکندری باز یابی شده از اسکلت، مشابه با گروه های بومی نیو ورلد است.

همکاری بین باستان شناسان و شیمی دانان

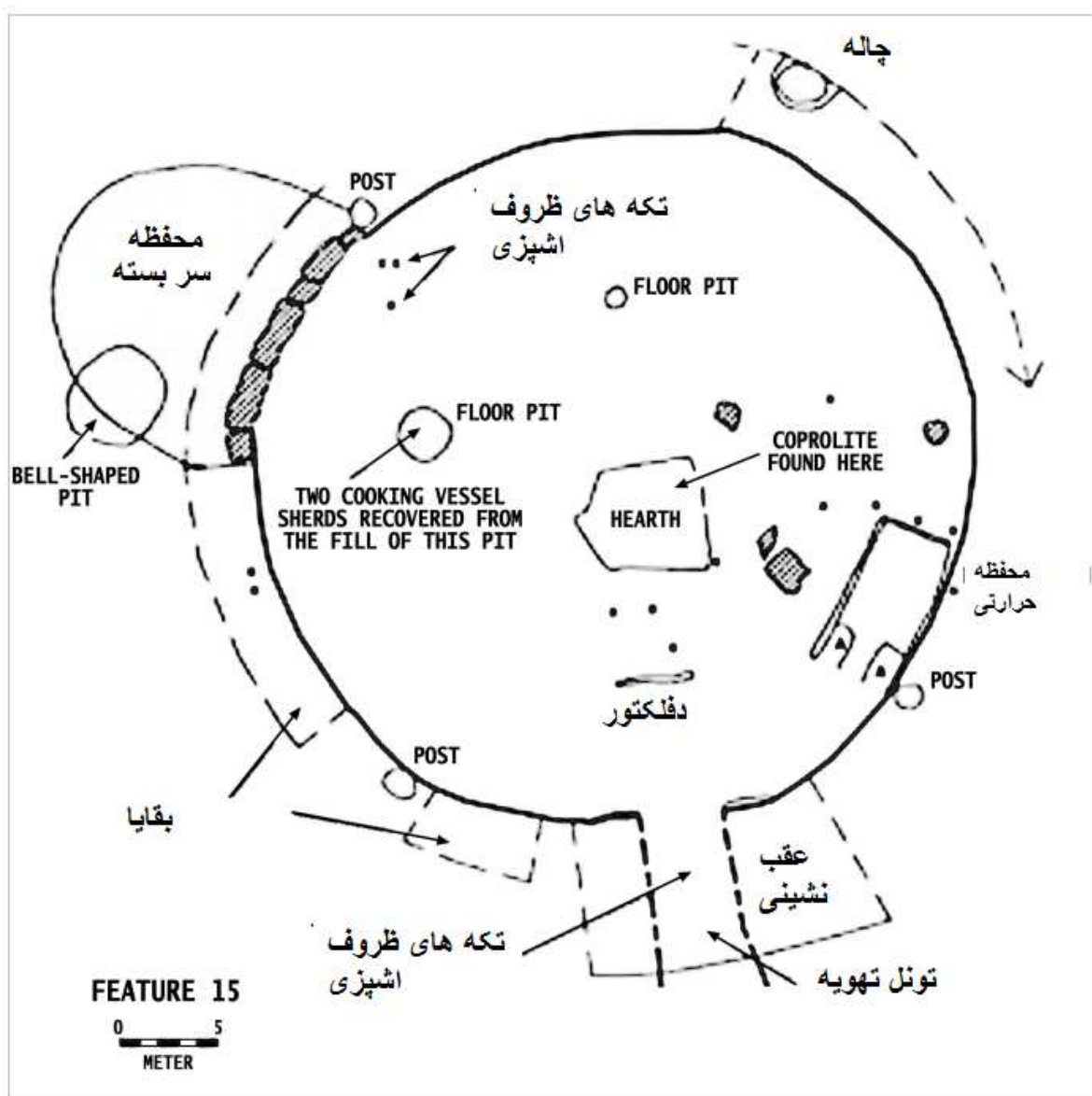
پروژه های تحقیقاتی باستان شناسی با شیمی تجزیه و بیو شیمی مستلزم همکاری محققان و دانشمندان با طیف وسیعی از تخصص ها و علایق تحقیقاتی است. با توجه به علایق علمی متفاوت این دو، یک تفاوت بین آن ها وجود دارد. این شکاف در ایالات متحده بسیار وسیع تر است به طوری که در این کشور ، آموزش پایه در زمینه علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات قابل دسترس است با این حال دانشجویان علاقه مند به آن ها از آن بهره مند می شوند در حالی که آموزش تاریخچه و فلسفه رشته در سر فصل علوم دیده نمی شود.

در رشته باستان شناسی، مقالات مربوط به بقایای آلی، معمولا در مجله آرکئومتری و مجله علوم باستان شناسی منتشر می شوند آن اغلب در مجلات بیو شیمی نیز منتشر شده و گاهی اوقات بیو شیمی دان ها معمولا از نمونه های باستان شناسی برای پاسخ به سوالات بیو شیمی استفاده می کنند. باستان شناسان به طور منظم شیمی تجزیه را مطالعه نمی کنند. حقیقت این است که مجلات معمولا در انتشار تحقیقات شیمی تجزیه و یا انسان شناسی کوتاهی می کنند زیرا فکر می کنند که این مقالات در حیطه رشته آن ها نیست. اطلاعات ارزشمند در این راستا ممکن است مورد استفاده قرار نگیرد و این موجب سوء تفاهم شده و گاهی اوقات بحث های زیادی در خصوص باقی مانده های خونی بر روی سنگ های باستانی و هم جنس خواری در امریکا، پیش می آید. موضوع دوم یعنی هم جنس خواری به یافتن میوگلوبین انسان در ظروف سفالی و مدفوع در سکونت گاه های انسان در کاوبوی واش که به 1150-1175 قبل از میلاد بر می گردد منجر شده است.

در حال حاضر بحث های زیادی بین محققانی که به رابطه بین باستان شناسی، انسان شناسی و علوم طبیعی می پردازند، ایجاد شده است. نظریه باستان شناسی یک تئوری انسان شناسی است و در بر گیرنده عناصری از بیولوژی، تاریخ هنر و فیزیک منیز می باشد. در واقع، تحقیقات باستان شناسی محلی برای همکاری در زمینه های تخصصی هستند. مسئله این نیست که آیا باستان شناسان بایستی تبدیل به بیو شیمی دان شوند یا برعکس، بلکه مسئله این است که چگونه محققان و دانشمندان علوم مختلف برای کسب اطلاعات بیشتر با هم همکاری کنند.

بدون یک سوال تحقیق مناسب، نمونه برداری دقیق، و بازخورد های بین روش ها، نتایج و جمع اوری داده ها و تلفیق نهایی اطلاعات، تحقیقات تحلیلی بیو شیمی، امکان همکاری نزدیک بین جامعه باستان شناسی و انسان شناسی وجود ندارد.

مهم ترین لازمه برای دست یابی به همکاری مولد در پروژه تحقیقات باستان شناسی، گفت و گوی بین همه شرکت کننده هاست. هدف ارتباط درک دقیق روش ها و محدودیت های فنون تحقیقاتی استفاده شده است. باستان شناسان نبایستی وارد این پروژه ها شوند. معمولاً پیشرفت های روش شناختی قبل از تحلیل نمونه های باستانی تحقق یافته اند.



شکل 7: پلان ساختار باستان در کاوبوی واش که در آن سفال و مدفوع مربوط به 1150-1175 یافته شده است. این موارد دارای میوگلوبین اسنان با الیزای ساندویچی است. تحقیقات نشان می دهد که این یافته به صورت شواهدی برای هم جنس خواری تفسیر می شود. ترجمه حضور یک یا دو مولکول زیستی به گزاره های گسترده تر در مورد رفتار انسان بدون توجه به مسائل انتخاب نمونه و حفاظت باستان شناسی غیر واقع گرایانه است. چالش دیگر، تثیت پیوستگی در تولید و تفسیر داده ها است. از این روی تلاش کمی برای استاندارد سازی روش شناسی ها وجود دارد.

نتیجه گیری

کاربرد فنون تحلیلی شیمیایی انتخاب شده در تحقیقات باستان شناسی، طیف وسیعی از داده های کمی و کیفی را ارائه می کنند. برخی از رویکرد های تحلیلی در پروژه های باستان شناسی استفاده می شوند و به ابزار های مهمی برای تحقیقات میدانی موفق تبدیل شده اند. روش های دیگر قادر به پاسخ به سوالات تحقیقاتی دقیق می باشند. تحلیل های ایزوتوپی پایدار، اطلاعات زیادی در خصوص الگو های منبع یابی مواد و جا به جایی کالا و افراد با توزیع ناهمگن شیمیایی ایزوتوپ های عنصری ارائه می کنند. آن ها موجب افزایش توانایی باستان شناسان برای تعیین الگو های غذایی و ترجیحات غذایی می شوند. رویکرد های انگشت نگاری عنصری (INAA, ICPMS, XRF) برای پاسخ به سوالات مشابه در خصوص مهاجرت و منبع یابی استفاده شده و کم تر مخرب هستند و می توانند جایگزین هایی عالی برای مواد باستان شناسی نادر باشند.

افزایش معنی دار در استفاده از ابزار های XRF، امکان انجام تحلیل های شیمیایی مستقیم را در این زمینه می دهند. نشانگر های زیستی مونومریک و پلی مریک الی را می توان از طریق روش های MS و فنون مربوطه شناسایی کرد و نقش آن ها به عنوان مولکول های هدف خاص مستلزم روش های تحلیلی خاص می باشد. تحلیل های پروتومیک و DNA قادر به شناسایی استفاده از موجودات خاص و اثر متقابل آن ها با جوامع انسانی می باشند.

در کنار هزینه های مالی و طرح های تحقیقاتی، رویکرد های مخرب و غیر مخرب بهتر قادر به کنترل انتخاب روش همراه با انجام آن در شرایط میدانی می باشند. در صورتی که تحلیل مناسب انتخاب شود می تواند به طور کامل بیوم های محلی، محیط مدفون و ژئوشیمی و شرایط خاص فرهنگی اطراف دفن اشیا را پوشش دهد.

تحلیل‌ها در نبود کنترل دقیق بر روی شرایط باستان‌شناسی، دارای عدم قطعیت کم‌تری هستند. آزمایشات آزمایشگاهی برای پیکربندی تحلیل‌ها همراه با شرایط خاص اشیاء لازم هستند.

هیچ‌دو سایت (مکان) باستان‌شناسی و یا اشیاء، دقیقاً مشابه و یکسان نمی‌باشند. چالش پیش‌روی باستان‌شناسان-شیمی‌دان‌ها، توسعه فنون تحلیلی و روش‌های تحلیلی است که انعطاف‌پذیری کافی را داشته باشد. در حال حاضر، شیمی تجزیه و باستان‌شناسی، رابطه مفید و مثمر الثمری دارند. شیمی‌دان‌ها به‌طور کامل به بررسی قطعات پنهان دنیای باستان پرداخته و در کنار باستان‌شناسان، دانش ما را از معنی انسان توسعه داده‌اند.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی