

ARKEOLOJİK TOPLUMLARDA SÜTTEN KESME SÜRECİNİN KEMİK KOLAJENİNDEN ELDE EDİLEN SABİT KARBON VE AZOT İZOTOPLARI İLE İNCELENMESİ

Kameray ÖZDEMİR*

Atıf/©: Özdemir, Kameray (2018). Arkeolojik Toplumlarda Sütten Kesme Sürecinin Kemik Kolajeninden Elde Edilen Sabit Karbon Ve Azot İzotopları İle İncelenmesi, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, ANARSAN Sempozyumu Özel Sayısı, Ekim 2018, Cilt 11, Sayı 2 , ss. 1137-1154

Özet: Eski insan topluluklarında anne sütüyle beslenme ve sütten kesme süreci ve davranışı, arkeolojik kazılarda ele geçen bireylere ait kemik ve dişler üzerinde yürütülen biyomoleküler çalışmalarla araştırılabilir. Söz konusu araştırmalar ağırlıklı olarak diyetin göstergesi sayılan sabit izotop oranlarının analizini içerir. Bu amaç doğrultusunda ağırlıklı olarak azot izotopları kullanılmakla birlikte, geçmiş beslenmenin yeniden yapılandırılması üzerine yürütülen araştırmalar oksijen, hidrojen gibi diğer kimyasal elementlerin izotoplarının da sütten kesme sürecinin aydınlatılmasında kullanılabileceğini göstermiştir. Diğer taraftan, yapılan araştırmaların sonuçları sadece kemik çalışılarak ulaşılan bilgilerdense, diş ve kemikten elde edilen verilerinin karşılaştırılmasıyla sütten kesme sürecinin daha yüksek bir hassasiyetle çalışılabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışma ile geçmiş insan topluluklarında kemik kolajeninden analiz edilen azot ve karbonun sabit izotoplarının sütten kesme sürecinin belirlenmesi çalışmalarına katkıları ve Anadolu'daki uygulamaları hakkında genel bir bilgi vermek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, kesir faktörü, paleodiyet, Anadolu

Makale Geliş Tarihi:15.09.2018 / Makale Kabul Tarihi: 28.09.2018

Bu makale Turnitin programında kontrol edildi. This article was checked by Turnitin.Bu makale ANARSAN sempozyumunda sunulmuş aynı başlıklı bildirinin tam metnidir.

* Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Antropoloji Bölümü, kameray.ozdemir@hacettepe.edu.tr

Investigation Of Weaning Process In Archaeological Population By Stable Carbon And Nitrogen Isotopes Analysis From Bone Collagen

Citation/©: Özdemir, Kameray (2018). *Investigation Of Weaning Process In Archaeological Population By Stable Carbon And Nitrogen Isotopes Analysis From Bone Collagen* , Hitit University Journal of Social Sciences Institute, Symposium of AAHA, Special Issue., Year 11, Volume 2, October, 2018, pp.. 1137-1154

Abstract: *Breastfeeding and weaning processes and behaviors in ancient human populations can be investigated through biomolecular studies carried out on the bones and teeth of individuals recovered from archaeological excavations. Such studies mainly involve the analysis of stable isotope ratios, which are considered to be indicative of the diet. Studies have been carried out on the reconstruction of the past nutrition, mainly using nitrogen isotopes for this purpose, revealing that isotopes of other chemical elements such as oxygen and hydrogen can also be used to investigate the weaning process. On the other hand, the results of the investigations revealed that the weaning process could be performed with a higher precision by comparing the data obtained from the bone and the data obtained from the tooth and bone. This study aimed to give information on the determination of the weaning period by nitrogen and carbon stable isotopes of bone collagen in the past human populations and its the applications in Anatolia.*

Keywords: $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, fraction factor, paleodiet, Anatolia

I. GİRİŞ

İnsan büyüme ve gelişiminin önemli bir parçası olan sütten kesme, katı gıdaların diyete girmesinin ardından emzirmenin sona ermesi olarak tanımlanmaktadır (Tykot, 2004). Dolayısıyla, bir döneme veya sürece işaret eder. Sütten kesme süreci, genellikle bütünsel şekilde incelenen çalışma alanlarından biridir. Her ne kadar örnek alınan bireylerin topluluğu ne oranda yansıtabileceği (osteolojik paradoks) ve ölüm yaşını belirlemede karşılaşılan hata payı gibi sorunlarla karşılaşılsa da (Reynard ve Tuross, 2015; Tsutaya ve Yoneda, 2015), sütten kesme süreci üzerine yürütülen çalışmalar geçmiş yaşam stratejileri hakkında oldukça değerli bilgileri bize sunar (Richards ve ark., 2003). Örneğin, yerleşik tarım toplumlarında, iş gücünü arttırmanın yolu doğum aralığını daraltmaktan geçtiği için söz konusu toplumlarda yaşam stratejisi olarak erken sütten kesme yaşı

beklenmektedir (Richards ve ark., 2003). Ayrıca yapılan çalışmalar yerleşik tarım toplumlarının lapaı sütten kesme süreci içinde ek gıda olarak geniş ölçüde kullandıklarını da ortaya çıkarmıştır (Richards ve ark., 2003). Ek gıdaların bebeklerin beslenmesine girmesiyle beraber karşılaşılan sağlık sorunları çeşitli çalışmalarla belgelenmiştir (Cunningham, 1995; Oddy, 2002; Turner ve ark., 2007; Triantaphyllou ve ark., 2008). Diğer taraftan, sütten kesmenin zamanlamasının ve ek gıdaların içeriğinin bebek morbidite ve mortalite oranını etkilediği de gösterilmiştir (McDade ve Worthman, 1998; Turner ve ark., 2007). Konu üzerine yapılan araştırmalar kapsamında doğurganlık ve sütten kesme yaşı arasındaki ilişki de incelenmiştir (Tsutaya ve ark., 2015).

Arkeolojik topluluklarda bebek beslenmesi ve sütten kesme örüntüleri ile ilgili önceki araştırmalar stres göstergelerinin değerlendirildiği geleneksel osteolojik teknikleri kullanmıştır. Fakat osteolojik analizler bir takım tartışmalı durumları da beraberinde getirmiştir. Yaygın olarak kullanılan stres göstergelerinden biri lineer mine hipoplazisidir (Katzenberg ve ark., 1996). Bununla birlikte, mine hipoplazisi etiyolojisinin non-spesifik doğası ve mine hipoplazisinin ortaya çıktığı yaşın tahmin edilmesi ilgili sorunlardan kaynaklı olarak konu üzerine yapılan erken çalışmaların sonuçlarının yeniden incelenmesinin gerekliliği önerilmiştir (Lewis, 2007; Büyükkarakaya, 2017a). Sütten kesme ile ilgili stresin bir diğer göstergesi olarak Harris çizgileri de incelenmiş, fakat sütten kesme stresi ile Harris çizgilerinin oluşumu arasında net bir ilişki olmadığı belirtilmiştir (Uysal, 2004). Bebeklik döneminin kritik ilk dönemini takip eden süreçte mortalite oranlarının incelenmesinin sütten kesme yaşı hakkında bilgi sağlayabileceği öne sürülmüştür (Lewis, 2007). Sütten kesme stresi ile morbidite oranındaki artış arasında bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Goodman ve Rose, 1990). Yapılan çalışmaların sonuçları, genetik/anne koşullarının doğumdan hemen sonra görülen ölümlerin ana nedeni olduğunu, ancak sonraki aylarda ölümlerin çoğunlukla sütten kesme süreciyle ilişkili olduğunu göstermektedir (Erdal, 2000; Lewis, 2007; Özbek ve Erdal, 2006). Diğer taraftan, bebek iskeletinin kırılgan yapısı ile kazı yöntemlerinden dolayı ve/veya farklı/özel gömü bölgelerine gömülmesi olasılığı nedeniyle kalıntıların temsil edilmemesi sorunu mevcuttur (Erdal, 2000; Özbek ve Erdal, 2006).

Sütten kesme süreci arkeolojik toplumlarda iskelet materyalinin biyomoleküler analizi kullanılarak da incelenebilir (Fogel ve ark., 1989;

Lewis, 2007; Mays, 2003; Özdemir, 2008; Özdemir ve Erdal, 2009; Özdemir ve ark., 2010; Büyükkarakaya ve ark., 2017b). Kemikleri ve dişleri oluşturan kimyasal yapı taşları (moleküller) ya doğrudan tüketilen gıdalardan ya da dolaylı olarak anneden bebeğe geçmesiyle elde edilir. Fetüs büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan kimyasal bileşenleri plasenta aracılığıyla anneden alırken söz konusu kimyasallar süt emen bebeklerin beslenmesine anne sütüyle girmektedir (Mays, 2003). Her iki durumda kimyasal yapı taşlarının miktarı annenin beslenmesi ile doğrudan ilintilidir. Diğer taraftan, süttten tamamen kesilmiş bebek ve çocuklar gelişimleri için gerekli kimyasal bileşenleri en azından kısmen anneden bağımsızlaşmış diyetle edinmektedir (Fuller ve ark., 2006). Bu nedenle, bebeklerin ve çocukların iskelet dokuları ile kendi ve annelerinin diyetleri arasında bir ilişki vardır (Mays, 2003). Aradaki ilişkinin anlaşılması süttten kesme sürecine dair bir tahminde bulunulmasına izin verir. Kimyasal değişikliklerin örüntüsünün belirlenmesiyle bir topluluk için ortalama süttten kesme yaşı, ek gıdaların bebeklerin beslenmesine giriş zamanı ve bazı durumlarda ise kullanılan ek gıdaların türü gibi bilgiler elde edilebilir (örneğin, Dupras ve ark., 2001; Katzenberg ve ark., 1996; Jay, 2009). Bu çalışma ile geçmiş insan topluluklarında kemik kolajeninden analiz edilen azot ve karbonun sabit izotoplarının süttten kesme sürecinin belirlenmesi çalışmalarına katkıları ve Anadolu'daki uygulamaları hakkında genel bir bilgi vermek amaçlanmıştır.

II. SÜTTTEN KESMENİN TANIMI VE ÖNEMİ

Memeli hayvanlar yavrularına gerekli olan besini ve bağışıklığı doğumu takiben sürede süt emzirme ile sağlar. Süt salgılamaya duyulan metabolik ihtiyaç ve ilintili olarak takip eden doğumun ötelenmesi annenin süt salgılamaya yatırımı olarak görülür (Lee, 1996; Humphrey, 2010). Süttten kesme genel olarak süt salgılanmasının ve emzirmenin kesilmesi anlamına gelmektedir (Bogin, 1999). Süttten kesme aynı zamanda süt emmede dereceli bir azalışı ve süt dışı besinlere bağılılığın artmasını içeren bir süreç olarak da tanımlanır (Humphery, 2010). Bu tanıma göre süttten kesme süt dışı besinlerin bebeklerin beslenmesine ilk girişi ile başlar ve tamamen süttten kesilmeyle sonlanır (Katzenberg ve ark., 1996). Dolayısıyla, süttten kesme süreci birbirinden günler, aylar hatta yıllarla ayrılan iki farklı olayı kapsar (Humphery, 2010).

Süttten kesme yaşı, nüfusun doğurganlık hızı ve çocuk ölüm hızı gibi demografik faktörler üzerinde etkili olan önemli bir kültürel değişkendir

(Katzenberg ve ark., 1996; Mays, 2003; Dupras ve Tocheri , 2007). Arkeolojik toplumlar için de süt emzirme ve sütten kesme uygulamalarının örüntüsünü anlamak geçmiş yaşam biçimlerini yeniden kurgulamak için önemlidir. Elde edilen bilgilerle sütten kesme sürecinin toplumların demografisi ve sağlığı, geçinim uygulamaları ile insan evrimi üzerine etkilerini anlaşılmasına çalışılır (Bogin, 1997; Jay, 2009:163).

Süt salgılamasının (laktasyonun) fertilité üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Kadınların emzirirken gebe kalma olasılığı yumurtlamayı bastıran hormonların üretimi nedeniyle daha azdır (Kennedy ve ark., 1989; Taylor ve ark., 1999; Jay, 2009). Söz konusu hormonlar temel olarak meme ucunun uyarılmasının sonucu olarak üretilir. Bu nedenle üretilen süt miktarından ziyade süt emzirmenin sıklığı hormonların üretiminde daha önemlidir. Yumurtlama üzerindeki bu etki, emzirmenin, özellikle geleneksel toplumlarda, doğum aralığını ve dolayısıyla kadın başına düşen doğum sıklığını etkileyen başlıca faktörlerden biri olduğu anlamına gelir (bkz, McLaren, 1979; Thapa ve ark., 1988; Jay, 2009). Arkeolojide ve antropolojide kabul gören genel kaniya göre, toplayıcılıktan tarıma geçişle beraber nüfusta artış gerçekleşmiştir. Bu artışın arka planında doğum aralığının azalması ile karakterize olan doğum stratejisinde meydana gelen değişimler yer alır (örneğin, Bentley ve ark., 1993; Jay, 2009). Nüfus demografisinin yanı sıra sütten kesme örüntüsünü araştıran ve konu üzerine daha doğrudan bilgiler sunan izotop çalışmaları bu tür tartışmalara katkıda bulunabilir (örneğin, Fogel ve ark., 1997; Schurr ve Powell, 2005; Jay, 2009).

Emzirmenin bebeklerin sağlığı üzerinde de etkisi vardır. Bağışıklık sisteminin doğumdan sonra ki süreçte düzgün bir şekilde işlevini yerine getirmesi zaman alır. Dolayısıyla bebekler birçok enfeksiyona yakalanma riski taşır. Anne sütü, hayatın ilk aylarında içeriğinden dolayı çeşitli patojenlere karşı koruma sağlarken, sütten kesilme sürecinde anne sütünün sağladığı bu fayda ortadan kalkar (Hahn-Zoric ve ark., 1990; Katzenberg ve ark., 1996; Pabst ve Spady, 1990). Bebek diyetinin anne sütünün yanı sıra diğer gıda ve sıvılarla takviye edilmesi bu bağlamda önemlidir. Çünkü bağırsak parazitleri ve gıda kaynaklı patojenlerin anne sütüne ek gıdalarla vücuda girer (Filteau, 2000; Martines ve ark., 1994). Dolayısıyla, sütten kesmenin zamanlaması ve ek gıdaların içeriği bebek mortalitesi ve morbititesi üzerinde etkilidir. İzotop çalışmaları ek gıdaların bebeklerin beslenmesine giriş zamanını ortaya çıkararak geçmiş toplumların çocuk sağlığı ve ölümlüğü üzerine geliştirilen hipotezleri test etme olanağı sağlar.

III. SABİT KARBON VE AZOT İZOTOP ANALİZLERİNİN TEORİK ARKA PLANI

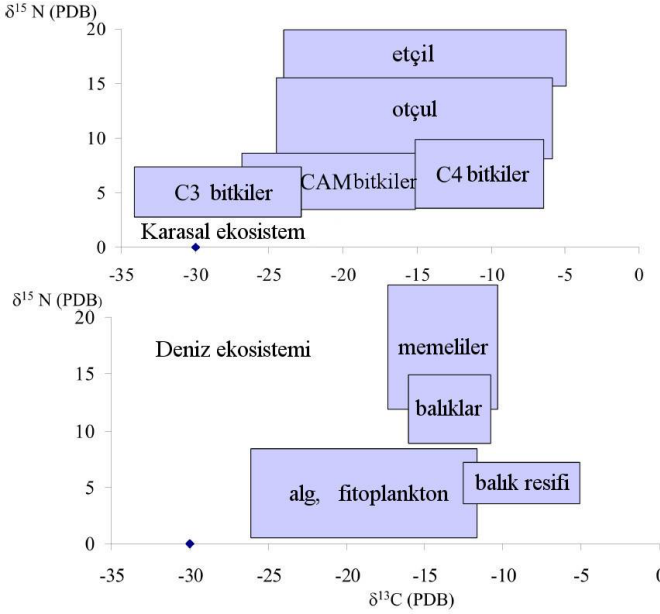
A. İzotop Nedir

İzotoplar bir elementin nötron sayısı farklı atomlarına denir. Radyoaktif veya sabit olmayan izotoplardan farklı olarak sabit izotoplar zaman içinde değişmezler. Birçok elementin iki veya daha fazla izotopu vardır. Paleodiyet ve sütten kesme sürecinin yeniden yapılandırıldığı biyomoleküler çalışmalarda kullanılan elementlerden biri olan karbonun (C) üç izotopu bulunmaktadır: ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C . İlk ikisi sabit izotoplar olup, diğeri zaman içinde radyoaktif olarak parçalanmaktadır. Beslenme çalışmalarında izotopları kullanılan bir diğerelement de azottur (N). Azot, ^{14}N ve ^{15}N olmak üzere iki sabit izotop formuna sahiptir (Katzenberg, 2000).

İzotoplar kimyasal olarak aynı şekilde tepkime gösterir. Bununla beraber, atomları farklı atom ağırlığına ve büyüklüğüne sahip olduklarından tepkime hızları farklıdır. Tepkime hızlarında oluşan farklılaşma izotoplar arasındaki oranları karakteristik bir şekilde değiştirir. Etkinin büyüklüğü tepkimeye giren reaktif türler arasındaki görelilikütle farklılıkları tarafından belirlenir (Katzenberg, 2000).

B. Azot Sabit İzotopları

Eski insan topluluklarında sütten kesme sürecinin yeniden yapılandırılması üzerine yürütölen çalışmalarda kullanılan en etkili element kemik kolajeninden elde edilen azottur (örneğin, Jay, 2009; Katzenberg ve Pfeiffer, 1995; Schurr, 1997). Tamamen anne sütü ile beslenen bebeklerin gelişen iskeletleri için gerekli azot süt proteininden elde edilir (Fogel ve ark., 1989; Fuller ve ark., 2006). Tüketilen besinler ile tüketicinin dokuları arasında kesir etkisi olduğundan azotun iki sabit izotopu arasında oluşan oran ($\delta^{15}\text{N}$ olarak yazılır) beslenme zinciri boyunca izlenebilir (Minagawa ve Wada, 1984). Trofik seviye yükseldikçe $\delta^{15}\text{N}$ değeri de artmaktadır (Şekil 1). Diğere bir deyişle, otoburların etoburlara göre daha düşük $\delta^{15}\text{N}$ oran değerleri vardır. Hepçillerin değerleri diğere iki grup arasında yer alır. Anne sütü ile beslenen bebekler beslenme zincirinde en tepede yer aldıklarından azot izotop oranları o topluluğun en yüksek değerlerini gösterir.

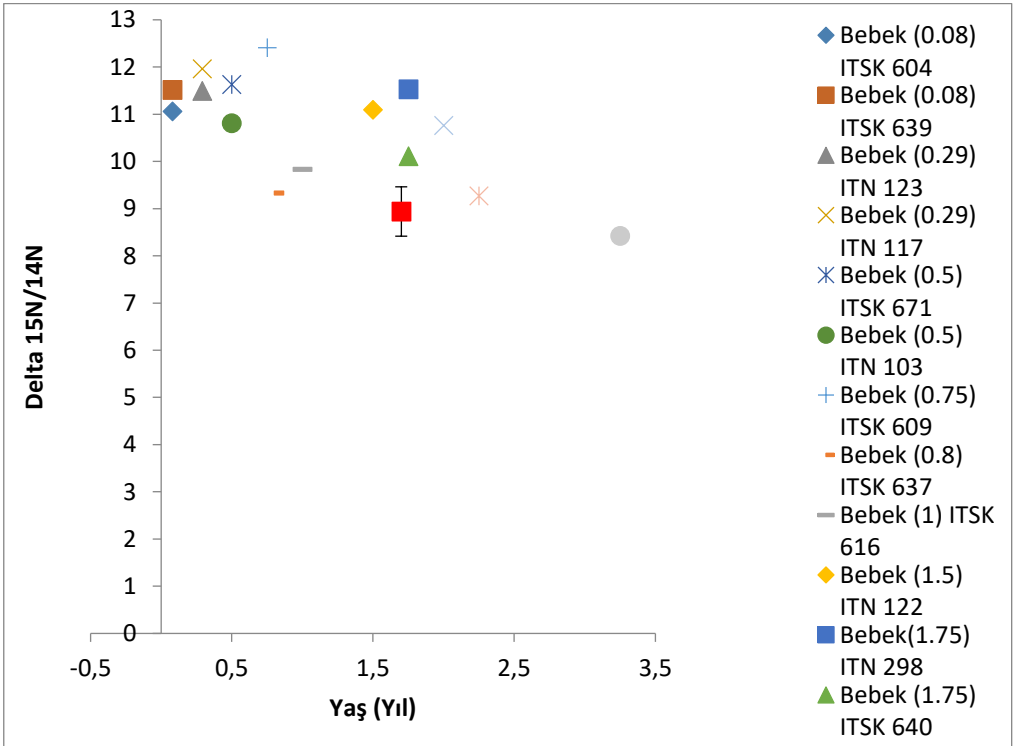


Şekil 1: Kara ve deniz ekosistemlerinde tropik seviyeye göre karbon ve azot sabit oranı farklılaşması.

Çağdaş saç ve tırnak örnekleri kullanılarak yapılan çalışmalar anne ile cenin arasında ya anlamlı bir farklılığın olmadığı (Fuller ve ark., 2006; Tsutaya ve Yoneda, 2015) ya da anne değerleriyle karşılaştırıldığında cenin lehine takribi olarak $\delta^{15}N$ değerinde %0,9 artış olabileceğini (Tsutaya ve Yoneda, 2015) ortaya çıkarmıştır. Bundan farklı olarak, cenin ve anne dokuları, gebelikte gözlenen pozitif azot dengesi nedeniyle, hamilelik öncesi döneme kıyasla $\delta^{15}N$ değerlerinde (‰-0,3 ila -1,1'e kadar) paralel bir düşüş sergilerler (Fuller ve ark., 2006; Tsutaya ve Yoneda, 2015).

Doğumun hemen sonrasında yenidoğanın $\delta^{15}N$ değeri, anne değerlerine benzerdir. Bebek anne tarafından emzirildikçe bir tüketici olarak besin zincirinde ki yeri yükselir. Bu nedenle emzirme sırasında, bebek dokularında $\delta^{15}N$ değeri, yaklaşık ‰2-3 oranında artış gösterir (Millard, 2000; Fuller ve ark., 2006; Tsutaya ve Yoneda, 2015). Ancak, sütten kesme süreci içinde bebeğin beslenmesi ek gıdalarla takviye edilmeye başlandığında $\delta^{15}N$ değeri düşüş gözlenir (Tsutaya ve Yoneda, 2015). Bebek tamamen sütten kesildiğinde ise $\delta^{15}N$ değerleri popülasyonun yetişkin üyelerinin seviyesine geriler. Kısaca yaşla birlikte negatif korelasyon gösteren $\delta^{15}N$ değerinden

hareketle sütten kesmenin aniden gerçekleşmediği, ek gıdaların takviyesi ile aşamalı bir süreç olduğu görülmektedir. Azot izotop değerlerinde gerçekleşen farklılaşmaya dair bir örnek İkiztepe Tunç Çağı Topluluğu için Şekil 2'de verilmiştir (Irvine, 2017). Grafikte farklı yaşlardan bebek ve çocukların $\delta^{15}\text{N}$ değerleri yetişkinlerin ortalama $\delta^{15}\text{N}$ değeriyle beraber verilmiştir. Yenidoğan bebeklerde yüksek olan $\delta^{15}\text{N}$ değerleri sütten kesme sürecinin başlangıcıyla beraber yetişkin değerinin altına düşmektedir.



Şekil 2: İkiztepe Topluluğunun $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin yaşa göre dağılımı (Irvine, 2017).

C. Karbon Sabit İzotopları

Karbonun sabit izotopları geçmiş beslenmenin yeniden yapılandırılması çalışmalarında sıklıkla kullanılır. Günümüzde kullanılan izotop oranı kütle spektrometresi tekniği azotun hafif izotoplarının yanı sıra karbonun hafif izotoplarını da ölçmemize olanak sağlar. Dolayısıyla aynı kolajen örneğinden hem azotun hem de karbonun izotop verileri elde edilmiş olur.

Beslenme zincirinde karbonun sabit izotop oranları arasında oluşan farklılık azot elementinin sabit izotop oranı arasında oluşan farklılık kadar net değildir. Yine de, değerler arasında oluşan maksimum ‰1'lik zenginleşmenin anne sütüyle beslenen bebekleri tanımlayabileceği önerilmiştir (Richards ve ark., 2002). Söz konusu ayırımın, anne sütü ile birlikte diyete ek gıdaların eklendiği noktada oldukça hızlı bir şekilde ortadan kalktığı da öne sürülmüştür (Fuller ve ark., 2006). Dolayısıyla, karbonun sabit izotop oranları, sütten kesme sürecinin geneli hakkında bilgi veren azot sabit izotop oranlarından farklı olarak, anne sütüne ek olarak bebeklerin beslenmesine giren gıdaların zamanlamasını ortaya çıkarabilmek için daha elverişlidir (Wright ve Schwarcz, 1998, 1999).

Karbonun sabit izotop oranları annenin veya takviye gıdalar alan bebeklerin beslenmesine giren bitki kaynaklarının C₃ veya C₄ kaynaklı olduğunu ortaya çıkarma potansiyeli de vardır. Bütün bitkiler Calvin tarafından tanımlanan fotosentez döngüsünü takip etmezler. Gerçekte beslenme ile ilgili ipuçlarını keşfetmemizi sağlayan değişik oranların ortaya çıktığı farklı döngüler vardır. Bitkiler dünyasında C₃, C₄ ve CAM olarak bilinen üç tip fotosentez döngüsü bulunur. C₃ fotosentez döngüsü alg, ıspanak ve arpa ile yapılan deneyler sonucunda keşfedilmiştir. Fotosentezin ilk aşamasında, C₃ bitkileri atmosferden gelen CO₂'i üç karbonlu bir bileşik olan *phosphoglycerat*'a dönüştürürler. Diğer bir fotosentez döngüsü olan C₄ döngüsü Hawaii şeker kamışı ile yapılan deneylerde bulunmuştur. Bu döngüde atmosferden alınan CO₂ dört karbonlu bir bileşik olan *dicarboxylic asit*'e dönüştürülür. Daha sonraları araştırmalar üçüncü bir döngü olan CAM'i (*crassulacean asid metabolism*) ortaya çıkartmıştır. Bu döngü kaktüs gibi etli bitkilerde bulunur.

C₄ fotosentez döngüsünü takip eden bitkiler karbon kaynağı olan ve atmosferden alınan CO₂ yi kullanırken, fiziksel olarak daha ağır olan ¹³C'e karşı daha az ayırım gözetir. Böylelikle, C₄ bitkileri C₃ bitkilerinden daha az negatif $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahiptir (Şekil 1). Ilıman bölgelerde, bir çok bitki C₃ türündendir (örneğin, bazı otlar, ağaçlar, çalılar, yumrulu bitkiler) ve ‰ -22 ile ‰ -38 aralığında değişen (ortalama ‰ -26) $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahiptir. Buna karşın, C₄ bitkileri sıcak ve kurak iklimlere daha çok adapte olmuşlardır (örneğin, mısır ve darı) ve ‰ -9 ile ‰ -21 aralığında (ortalama ‰ -12,5) $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahiptir (Şekil 1). Bu bitkileri tüketen insanlar $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki farklılığı, ortalama olarak ‰5'lik bir sapmayla (fraksiyon veya kesir faktörü olarak adlandırılır) korurlar. Dolayısıyla

beslenmede hangi bitki grubunun öncelikli yer aldığı analizler sonucu ortaya çıkarılmış olur.

Karbonun sabit izotopları kullanılarak beslenmedeki karasal ve denizel gıdaların ağırlığı da tespit edilebilir. Deniz bitkileri, karasal kökenli çakıllar, çözünmüş CO₂ (‰ -7) ve çözünmüş karbonik asit (‰ 0) gibi değişik karbon kaynaklarına sahip olduğundan δ¹³C değerleri C₃ ve C₄'lü karasal bitkilerin değerleri arasında yer alır. Bundan dolayı, deniz bitkilerini tüketen deniz organizmalarının değerleri C₃'lü bitkilerle C₄'lü bitkilerin değerlerinin arasındadır. Deniz balıklarının ve memelilerin δ¹³C değerleri C₃ temelli beslenen hayvanların değerlerinden daha az negatiftir (yaklaşık ‰/‰6) ve C₄ temelli beslenen hayvanlarınkinden ise daha çok negatiftir (yaklaşık ‰/‰7). İzotop oranlarındaki bu farklılaşma bizi beslenmedeki kara ve deniz kökenliğin ağırlığını belirlemeye götürür. Dolayısıyla, eğer annenin beslenmesine deniz kaynaklı besinler girmişse anne sütüyle beslenen bebeklerin izotop değerlerinde söz konusu durumu tespit edebiliriz (Richards ve ark., 2006).

IV. ANADOLUDA GERÇEKLEŞTİRİLEN UYGULAMALAR

Anadolu eski insan toplumlarında, sabit izotop analizleri ile süttan kesme yaşının belirlenmesine yönelik çalışmalar son yıllarda artış göstermekle birlikte daha çok neolitik döneme odaklanmıştır. Söz konusu çalışmalar Neolitik (Aşıklı, Çayönü, Çatalhöyük, Çamlıbel Tarlası), Geç Neolitik (Aktopraklık, Domuztepe), Erken Kalkolitik (Aktopraklık), Kalkolitik/Erken Tunç (İkiztepe) ve Bizans (Kovuklukaya) Dönemlerine ait iskelet kalıntıları üzerinde yürütülmüştür.

Tablo 1. Anadolu'da İzotop Analizleriyle Sütten Kesme Yaşının Çalışıldığı Yerleşimler.

Yerleşke-Dönem	Analiz Yöntemi	Sütten Kesme Yaşı	Referans
Aşıklı-Neolitik	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	42 Ay	Pearson ve ark., 2010
Çayönü-Neolitik	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	24 Ay	Pearson ve ark., 2010
Çatalhöyük-Neolitik	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	18 Ay	Richards ve ark., 2003
Aktopraklık-Geç Neolitik	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	36 Ay	Budd ve ark., 2013
Domuztepe-Geç Neolitik	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	24 Ay	(Aktaran: Özdemir ve Erdal, 2009)
Aktopraklık-Kalkolitik	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	48 Ay	Budd ve ark., 2013
İkiztepe-Kalkolitik/Erken Tunç	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	24 Ay	Irvine, 2017
Kovuklukaya-Bizans	İzotop Analizi ($\delta^{15}\text{N}$)	48 Ay	Özdemir ve ark., (baskıda)

Anadolu'da yürütülmüş olan ilk izotop çalışmasından biri olan Neolitik Çatalhöyük'te sütten kesmenin 18 aylıkken başladığı ve 3 yaşında tamamlandığı ileri sürülmüştür (Richards ve ark., 2003). Aşıklı Höyük'te (Neolitik) sütten kesilme 12 ayda başlamış ve 24 ay sonra tamamlanmış, ancak Çayönü Tepesi'nde (Neolitik) sütten kesilme 24 aya kadar başlamamış, ancak 42 ayda tamamlanmıştır (Pearson ve ark., 2010). Aktopraklık'ta sütten kesilme yaşı Neolitik dönemde yaklaşık 3 yıl, Erken Kalkolitik'te ise 4 yıldır (Budd ve ark. 2012). Kuzey-Orta Anadolu'da yer alan Orta-Geç Kalkolitik Çamlıbel Tarlası'nın yerleşkesinden ele geçen, 12 aylıktan 4 yaşına kadar olan bebeklerin ve çocukların yetişkin ortalama

değerine kıyasla $\delta^{15}\text{N}$ değerinin yüksek olduğu bulunmuştur (Pickard ve ark., 2016). Bununla birlikte, bu bölgeden gün yüzüne çıkarılan tek bir kadın yetişkin birey olması nedeniyle, bu zenginleşmiş $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin, fizyolojik ve beslenme streslerinin de bir sonucu olabileceğinden, bir bakıcı trofik etkiden kaynaklandığını söylemek güçtür (Pickard ve ark., 2016). Orta Karadeniz Bölgesinde bulunan İkiztepe’de sütten kesme 1-3 yaş arası başlamış ve 2-3 yaş arası tamamlanmıştır (Irvine, 2017). Karadeniz Bölgesinde yer alan Kovuklukaya da yürütülen çalışmada takriben 4 yaşında olan çocuğun düşük izotop değerleri söz konusu bireyin sütten kesilmesinin tamamlandığı şeklinde yorumlanmıştır (Özdemir, *baskıda*)

Elde edilen sonuçlara göre Anadolu’da sütten kesme yaşının 1,5 (18 ay) ila 4 (48 ay) yaş arasında değiştiği söylemek mümkündür (Richards ve ark., 2003; Irvine, 2017; Pearson ve ark., 2010; Budd ve ark., 2013; Özdemir, *baskıda*) (Tablo 1).

V. SONUÇ

Sabit izotop analizleri, geçmiş popülasyonların beslenme modellerini yeniden yapılandırmanın yanı sıra doğurganlık, üreme davranışı, mortalite, emzirme ve sütten kesme gibi demografik özellikleri anlamak için kullanılan önemli bir yöntemdir. Geçmiş popülasyonlardaki sütten kesme örüntüsü (zamanlama veya hız) ve doğurganlık arasındaki karmaşık ilişki, insan iskelet kalıntılarından çıkarılan proteinlerin sabit azot ve karbon izotop oranlarıyla çalışmaktadır. Aslında araştırmalar için diş minesini, insana ait diğer biyoarkeolojik verilerle birlikte değerlendirildiğinde, eski ve modern toplumlarda emzirme ve sütten kesme uygulamalarının yeniden yapılandırılması için en uygun kaynak olarak görülmektedir. Bununla beraber, kemik kolajeninden elde edilen azot ve karbon sabit izotop oranlarının araştırmalara katkısı azımsanmayacak ölçüdedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar aynı bireye ait kemik ve diş proteinlerinin izotop değerlerini kullanmaya başlamışlardır.

Doğumdan hemen önce ve doğumdan hemen sonra annesiyle benzer olan bebeklerin $\delta^{15}\text{N}$ izotop değerleri, doğumu takip eden birkaç gün içinde anne değerlerinden %2 ila %3 daha yüksek seviyeye ulaşır. Bebek $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki değişiklikler, trofik seviye etkisinden ve annenin diyetindeki varyasyonlardan kaynaklanmaktadır. Farklı yaşlardaki yetişkin yaş altı

bireylere ait kemikler ve dişler gibi dokuların $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ sabit izotop oran değerlerini ölçerek belirli yaşlarda anne sütü alımının seviyesi ve ayrıca ek gıdaların bebek beslenmesine girişi ile gıdaların bileşenleri kolayca tahmin edilebilmektedir.

Anadolu'dan elde edilen çeşitli dönemlere ait insan iskeletleri üzerinde yürütülen azot sabit izotop analizleri süttten kesmenin 6 ayla 1 yıl arasında başladığını ve 2 ila 4 yaş arası çocuklarda son bulunduğunu göstermiştir. Sabit karbon ve nitrojen izotop analizleri beraber değerlendirildiğinde, bebeklerin beslenmesine giren ve süttten kesme sürecini başlatan ek gıdaların, dünyanın diğer bölgelerinde yürütülen çalışmalara paralel olarak süt, süt ürünleri ve tahıldan oluştuğu belirlenmiştir. Çocukluk döneminin gıdaları ise süt ürünleri, tahıllar, sebzeler ve meyveleri kapsar.

Anadolu iskelet grupları üzerinde yürütülen mevcut çalışmalar kemik kolajeninin azot ve karbon izotop oranı üzerinden süttten kesme çalışması yapmaya odaklanmıştır. Gelecekte planlanacak olan çalışmaların farklı iskelet kısımlarının (kemik ve dişler) organik (kolajen ve farklı amino asitlerden) ve inorganik içeriklerinden elde edilecek karbon, azot, sülfür, oksijen, hidrojen ve diğer elementlerin sabit izotoplarının analizlerini içermesi süttten kesme sürecinin daha hassas bir şekilde anlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Bentley, G. R., Goldberg, T., & Jasińska, G. Z. Y. (1993). The fertility of agricultural and non-agricultural traditional societies. *Population Studies*, 47(2), 269-281.
- Budd, C., Lillie, M., Alpaslan-Roodenberg, S., Karul, N., & Pinhasi, R. (2013). Stable isotope analysis of Neolithic and Chalcolithic populations from Aktopraklık, northern Anatolia. *Journal of archaeological science*, 40(2), 860-867.
- Büyükkarakaya, A. M. (2017a). Tasmator ve İkiztepe arkeolojik topluluklarında mine hipoplazilerinin incelenmesi. *DTCF Dergisi*, 52(2).
- Büyükkarakaya, A.M., Akyol, A.A & Özdemir, K. (2017b). Investigation of weaning process in the neolithic period Tepecik-Çiftlik population. Hitit University Journal of Social Sciences Institute,10, 169-196. doi: <http://dx.doi.org/10.17218/hititsosbil.306223>
- Bogin, B. (1999). *Patterns of human growth* (Vol. 23). Cambridge University Press.

- Bogin, B. (1997). Evolutionary hypotheses for human childhood. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 104(S25), 63-89.
- Cunningham, A. S. (1995). Breastfeeding: Adaptive behavior for child health and longevity (chap. 9). *Stuart-Macadam P. Dettwyler K. Breastfeeding: Biocultural Perspectives*. New York: Aldine De Gruyter, 405-18.
- Dupras, T. L., Schwarcz, H. P., & Fairgrieve, S. I. (2001). Infant feeding and weaning practices in Roman Egypt. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 115(3), 204-212.
- Dupras, T. L., & Tocheri, M. W. (2007). Reconstructing infant weaning histories at Roman period Kellis, Egypt using stable isotope analysis of dentition. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 134(1), 63-74.
- Erdal, Y. S. (2000). Eski Anadolu toplumlarında çocuk sağlığı ve hastalıkları. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 43(1), 5-19.
- Fogel, M. L., Tuross, N., & Owsley, D. W. (1989). Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations. *Carnegie Institution of Washington Yearbook*, 88, 111-117.
- Fogel, M. L., Tuross, N., & Owsley, D. W. (1989). Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations. *Carnegie Institution of Washington Yearbook*, 88, 111-117.
- Fogel, M. L., Tuross, N., Johnson, B. J., & Miller, G. H. (1997). Biogeochemical record of ancient humans. *Organic Geochemistry*, 27(5-6), 275-287.
- Filteau, S. M. (2000). Role of breast-feeding in managing malnutrition and infectious disease. *Proceedings of the Nutrition Society*, 59(4), 565-572.
- Fuller, B. T., Fuller, J. L., Harris, D. A., & Hedges, R. E. (2006). Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 129(2), 279-293.

- Goodman, A. H., & Rose, J. C. (1990). Assessment of systemic physiological perturbations from dental enamel hypoplasias and associated histological structures. *American Journal of Physical Anthropology*, 33(S11), 59-110.
- Hahn-Zoric, M., Fulconis, F., Minoli, I., Moro, G., Carlsson, B., Böttiger, M., ... & Hanson, L. Å. (1990). Antibody responses to parenteral and oral vaccines are impaired by conventional and low protein formulas as compared to breast-feeding. *Acta Pædiatrica*, 79(12), 1137-1142.
- Irvine, B. T. (2017). An Isotopic Analysis of Dietary Habits in Early Bronze Age Anatolia (Doctoral dissertation, Freie Universität Berlin).
- Jay, M. (2009). Breastfeeding and weaning behaviour in archaeological populations: evidence from the isotopic analysis of skeletal materials. *Childhood in the Past*, 2(1), 163-178.
- Humphrey, L. T. (2010, June). Weaning behaviour in human evolution. In *Seminars in cell & developmental biology* (Vol. 21, No. 4, pp. 453-461). Academic Press.
- Katzenberg, M. A., & Pfeiffer, S. (1995). JL4 nitrogen isotope evidence for weaning age in a nineteenth century Canadian skeletal sample. *Bodies of evidence: reconstructing history through skeletal analysis*, 221.
- Katzenberg, M. A., Herring, D. A., & Saunders, S. R. (1996). Weaning and infant mortality: evaluating the skeletal evidence. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 101(S23), 177-199.
- Katzenberg, M.A. (2000). Stable isotope analysis: a tool for studying past diet, demography, and life history. In: Katzenberg, M.A. & Saunders, S.R. (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, 305-328: New York, Wiley-Liss.
- Kennedy, K. I., Rivera, R., & McNeilly, A. S. (1989). Consensus statement on the use of breastfeeding as a family planning method. *Contraception*, 39(5), 477-496.
- Lee, P. C. (1996). The meanings of weaning: growth, lactation, and life history. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 5(3), 87-98.
- Lewis, M. E. (2007). *The bioarchaeology of children: perspectives from biological and forensic anthropology* (Vol. 50). Cambridge University Press.

- Martines, J. C., Habicht, J. P., Ashworth, A., & Kirkwood, B. R. (1994). Weaning in southern Brazil: is there a "weanling's dilemma"? *The Journal of nutrition*, 124(8), 1189-1198.
- Mays, S. (2003). Bone strontium: calcium ratios and duration of breastfeeding in a Mediaeval skeletal population. *Journal of Archaeological Science*, 30(6), 731-741.
- McDade, T. W., & Worthman, C. M. (1998). The weanling's dilemma reconsidered: a biocultural analysis of breastfeeding ecology. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*.
- McLaren, D. 1979. Nature's contraceptive. Wet-nursing and prolonged lactation: the case of Chesham, Buckinghamshire, 1578-1601. *Medical History* 23, 426-41.
- Millard, A. R. (2000). A model for the effect of weaning on nitrogen isotope ratios in humans, pp. 51-9 in Goodfriend, G. A., Collins, M., Fogel, M., Macko, S. and Wehmler, J. F. (eds.), *Perspectives in Amino Acid and Protein Geochemistry*. Oxford: Oxford
- Minagawa, M., & Wada, E. (1984). Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et cosmochimica acta*, 48(5), 1135-1140.
- Oddy, W. H. (2002). The impact of breastmilk on infant and child health. *Breastfeeding Review*, 10(3), 5.
- Özbek, M., & Erdal, Ö. D. (2006). Anadolu'nun bazı Neolitik ve Kalkolitik topluluklarında bebek ölümleri ve olası nedenleri. *Türk Arkeoloji ve Etnoğrafya Dergisi*, 6, 41-52.
- Özdemir, K. (2008). İkiztepe Tunç Çağı Topluluğunda Element Analizleriyle Beslenme Yapısının Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- Özdemir, K. & Erdal, Y.S. (2009). Erken Tunç Çağı İkiztepe topluluğunda stronsiyum-kalsiyum oranı ile sütten kesme yaşının belirlenmesi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 52, 128-140.
- Özdemir, K., Erdal, Y.S. & Büyükkarakaya, A.M. (2010). İkiztepe çocuklarında beslenme ve büyüme. XXV. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 375-398.
- Özdemir, K. (Baskıda). Bizans Dönemi Kovuklukaya Topluluğunun (Boyabat, Sinop) Beslenme Alışkanlıklarının Yeniden Yapılandırılması: Sabit İzotop Oranı

Analizlerinin Öncül Sonuçları. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*.

- Pabst, H. F., & Spady, D. W. (1990). Effect of breast-feeding on antibody response to conjugate vaccine. *The Lancet*, 336(8710), 269-270.
- Pearson, J. A., Hedges, R. E., Molleson, T. I., & Özbek, M. (2010). Exploring the relationship between weaning and infant mortality: an isotope case study from Aşıklı Höyük and Çayönü Tepesi. *American Journal of Physical Anthropology*, 143(3), 448-457.
- Pickard, C., Schoop, U. D., Dalton, A., Sayle, K. L., Channell, I., Calvey, K., ... & Bonsall, C. (2016). Diet at Late Chalcolithic Çamlıbel Tarlası, north-central Anatolia: an isotopic perspective. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 5, 296-306.
- Reynard, L. M., & Tuross, N. (2015). The known, the unknown and the unknowable: weaning times from archaeological bones using nitrogen isotope ratios. *Journal of Archaeological Science*, 53, 618-625.
- Richards, M. P., Mays, S., & Fuller, B. T. (2002). Stable carbon and nitrogen isotope values of bone and teeth reflect weaning age at the Medieval Wharram Percy site, Yorkshire, UK. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 119(3), 205-210.
- Richards, M. P., Pearson, J. A., Molleson, T. I., Russell, N., & Martin, L. (2003). Stable isotope evidence of diet at Neolithic Çatalhöyük, Turkey. *Journal of archaeological science*, 30(1), 67-76.
- Schurr, M. R. (1997). Stable nitrogen isotopes as evidence for the age of weaning at the Angel site: a comparison of isotopic and demographic measures of weaning age. *Journal of Archaeological Science*, 24(10), 919-927.
- Schurr, M. R., & Powell, M. L. (2005). The role of changing childhood diets in the prehistoric evolution of food production: an isotopic assessment. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 126(3), 278-294.
- Taylor, H. W., Vázquez-Geffroy, M., Samuels, S. J., & Taylor, D. M. (1999). Continuously recorded suckling behaviour and its effect on lactational amenorrhoea. *Journal of biosocial science*, 31(3), 289-310.

- Thapa, S., Short, R. V., & Potts, M. (1988). Breast feeding birth spacing and their effects on child survival. *Nature*, 335(6192), 679-82.
- Triantaphyllou, S., Richards, M. P., Zerner, C., & Voutsaki, S. (2008). Isotopic dietary reconstruction of humans from Middle Bronze age Lerna, Argolid, Greece. *Journal of Archaeological Science*, 35(11), 3028-3034.
- Tsutaya, T., & Yoneda, M. (2015). Reconstruction of breastfeeding and weaning practices using stable isotope and trace element analyses: A review. *American journal of physical anthropology*, 156, 2-21.
- Turner, B. L., Edwards, J. L., Quinn, E. A., Kingston, J. D., & Van Gerven, D. P. (2007). Age-related variation in isotopic indicators of diet at medieval Kulubnarti, Sudanese Nubia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 17(1), 1-25.
- Uysal, G. (2004). Sütten kesme yaşı ile fizyolojik stres göstergesi "Harris Çizgileri" arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 159-170.
- Wright, L. E., & Schwarcz, H. P. (1998). Stable carbon and oxygen isotopes in human tooth enamel: Identifying breastfeeding and weaning in prehistory. *Am. J. Phys. Anthropol.* 106: 1–18. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 106(3), 411-411.
- Wright, L. E., & Schwarcz, H. P. (1999). Correspondence between stable carbon, oxygen and nitrogen isotopes in human tooth enamel and dentine: infant diets at Kaminaljuyu. *Journal of Archaeological Science*, 26(9), 1159-1170.