اندازه گیری عناصر سنگین در کاغذهای بازیافتی استفاده شده در صنایع بسته بندی با روش فعالسازی نوترونی

فائزه رحمانی * **، حسین خلفی**
پژوهشکده کاربرد پرتوها ، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای
frahmani@aeoi.org.ir

چکیده:

در این تحقیق عناصر سنگین داخل کاغذها و جعبه های بسته بندی مواد غذایی به روش فعالسازی نوترونی دستگاهی ، تعیین و اندازه گیری شده است .

از کاربردهای آنالیز به روش فعالسازی نوترونی می توان به آنالیز عناصر کم مقدار اشاره کرد که یا با سایر روش ها قابل اندازه گیری نیست و یادر صورت انجام ، دارای دقت پایینی خواهد بود. وجود راکتور تحقیقاتی تهران با شار کافی و وجود سیستم ارسال نمونه از پژوهشکده به راکتور، امکان آنالیز فعالسازی نوترونی را فراهم آورده است.

کلیدواژه:کاغذ بازیافتی ،آنالیز فعالسازی نوترونی ، فلزات سنگین

تئوری:

امروزه به دلیل مسائل اقتصادی از مواد استفاده شده تحت عنوان موادبازیافتی ، استفاده مجدد می شود.از جمله این مواد کاغذها هستند.کاغذ بازیافتی وارد شده در چرخه استفاده مجدد ، برای اهداف گوناگونی از جمله استفاده در صنایع بسته بندی کاربری دارد. بازیافت کاغذ باعث بالا رفتن میران فلزات و عنتصر سنگین داخل آنها می شود.. وجود فلزات سنگین از جمله عوامل تأثیر گذار منفی بر سلامت جامعه و موجودات زنده محسوب می شودو انتقال احتمالی این مواد ازانواع بسته بندی ها از جمله بسته بندی های مواد غذایی به بدن انسان ، مشکلاتی را به همراه خواهد داشت.

از جمله این فلزات می توان به Ba,Cd,Cr, Zn , Hg, As , Pb , Bi, ... اشاره کرد که از مهمترین این آلاینده ها کادمیوم وکروم ، سرب و جیوه و آرسنیک است.

این عناصر ازطرق مختلف از جمله انتقال از بسته بندی مواد غذایی، می توانند وارد بدن شوند . مقدار بیش از حد مجاز این فلزات سنگین پس از ورود به بدن می توانند موجب بیماری های گوناگون تنفسی ،ریوی ، انواع سرطان ها و حساسیت ها شوند [۱] .میزان مجاز این عناصر برای بدن معین است [۲] اما این مطلب ضروری به

نظر می رسد که میزان انتقال این عناصر از بسته بندی به ماده غذایی و در نهایت میزان انتقال آن به بدن نیز اندازه گیری شود. هنوز استاندارد خاصی تحت عنوان میزان بی خطر این فلزات ، برای بسته بندی های کاغذی و مقوایی تدوین نشده است . طبق استانداردهای موجود بین المللی مربوط به مواد بسته بندی ، این مطلب ذکر شده است که هیچ گونه انتقال ماده شیمیایی از بسته بندی به ماده غذایی رخ نمی دهد . با این وجود انتقال فلزات سنگین مطلبی است که باید مورد مطالعه قرار گیرد.

همانطور که بیان شد ، علی رغم تأثیرات نا مطلوبی که فلزات سنگین بر روی بدن دارند ، جز در مواردی محدود[٤-٣] ،کار زیادی در زمینه اندازه گیری عناصر و فلزات سنگین داخل بسته بندی مواد غذایی در ارتباط با مواد خوراکی انجام نشده است .

هدف در این مقاله اندازه گیری میزان عناصر آلاینده و سمی موجود در انواع بسته بندی ها ازجمله دستمال کاغذی، بسته های کیک ، بسته های بیسکوئیت ، جعبه های پیتزا ، بسته های چای و ... است . روش تجزیه استفاده شده در این پروژه روش فعالسازی نوترونی ($INAA$) است.

اکتیویته نمونه ای با جرم m که به مدت t_0 پرتودهی شده باشد برابر است با[٥]:

$$(١)\ A(t_0) = a_i m \frac{N_A}{A_i} < \delta_i \phi > (1 - e^{-\lambda t_0})$$

در این رابطه m جرم عنصر ، t_0 مدت زمان پرتودهی ، a_i در صد فراوانی ایزوتوپ با جرم m ، δ_i سطح مقطع واکنش مولد ایزوتوپ با وزن اتمی A_i، ϕ شار راکتور و N_A عدد آووگادرو است.

نمونه ها پس از پرتودهی ، پرتوهای گاما با انرژی های گوناگون از خود گسیل می کنند .سطح زیر قله انرژی گاما که در فاصله t_1 تا t_2 طیف گیری می شوند برابر است با [٥] :

$$(٢)\ P_k = \frac{m}{\lambda A_i} \varepsilon(E_k) e_k N_A \phi \delta_i (1 - e^{-\lambda t_0})(e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2})$$

که در آن P_k شمارش خالص سطح زیر قله ، $\varepsilon(E_k)$ بازدهی آشکارساز برای کل قله انرژی در انرژی E_k و e_k کسر گسیل پرتوگاما با انرژی E_k است.

لذا با توجه به مشخصات سیستم طیف گیری (آشکارساز) و ثوابت هسته ای و با تلفیق روابط ۱ و۲ می توان رابطه مستقیمی بین شمارش خالص زیر قله و جرم نمونه به دست آورد.

روش کار:

در این کار انواع گوناگون بسته بندی کاغذی و مقوایی انتخاب شدند .
این بسته بندی ها شامل جعبه های دستمال کاغذی، چای ، پیتزا ، بیسکوئیت ،کیک ، رشته آش و محافظ غذا بودند.
در نمونه سازی کاغذها به صورت همگن (قطعات ریز در ابعاد میلی متر) درآمده و رطوبت گیری شدند.سپس در کپسول های پلی اتیلنی قرار داده شدند.به منظور پرتودهی، نمونه ها در کپسول های بزرگ تر مخصوص ارسال نمونه قرار داده شدند و از طریق سیستم رابیت پژوهشکده کاربرد پرتوها به راکتورتحقیقاتی تهران ارسال شدند.
از هر نمونه بسته بندی، ۴ سری برای پرتودهی به صورت بلند مدت و کوتاه مدت[۶] آماده شد.وزن تقریبی نمونه ها ۵۰ میلی گرم بود و عناصر مورد نظر ، کادمیوم ،کروم، جیوه، آهن ، روی ، باریوم و آرسنیک بود .
در پرتودهی کوتاه مدت ، نمونه ها به مدت ۲۰ دقیقه در شار $8\times10^{12}/cm^2-\sec$ و در پرتودهی بلند مدت نمونه ها به مدت ۸ ساعت در معرض شار $8\times10^{12}/cm^2-\sec$ قرار گرفتند. طیف نگاری پس خروج نمونه ها از قلب راکتور و طی کردن زمان خنک سازی (برای نمونه هایی که نیاز به خنک سازی داشتند) انجام شد.
طیف نگاری با آشکارساز *HPGe* انجام شد.
برای آنالیز کیفی وتشخیص عناصر موجود درنمونه ها از برنامه *Maestro*[۷] استفاده شد . این برنامه انرژی گامای مربوط به عناصر را در توسط یک آنالیزور ۴۰۰۰ کاناله ثبت می کند.
به منظور آنالیز کیفی و اندازه گیری عناصر موجود در نمونه ها از برنامه *OMNIGAM* [۸] استفاده شد.در این برنامه میزان اکتیویته عنصر مجهول با استاندارد مقایسه شده و پس از اعمال تصحیحات لازم نظیر واپاشی ، جرم عنصر مجهول معین می شود.
قبل از انجام کار کالیبراسیون انرژی و بازدهی اشکارساز با چشمه Eu^{152} انجام شد .

نتایج :

بر اساس آنالیز طیف های به دست آمده میزان کادمیوم ، جیوه وآرسنیک قابل اندازه گیری نبوده زیرا به حد آشکارسازی بسیار نزدیک بود. میزان سایر عناصر در جدول زیر آمده است.

جدول شماره ۲ : میزان عناصر داخل نمونه ها

ردیف	نام بسته بندی	میزان عناصر موجود ($\mu g / g$)			
		باریوم	کروم	آهن	روی
۱	دستمال کاغذی	۸۳	۱۳	۱۷۲	۶۵
۲	بیسکوئیت	--	۸	۶۲	۴۱
۳	کیک	۳	۴	۳۳	۲۹
۴	خرما	۳۶	۷۲	۶۵	۱۰۷
۵	پیتزا	۶۹	۵	۱۲۶	۹۸
۶	چای	۲۲	۹۰	۲۰۲	۱۶۴
۷	رشته	۹۹	۷۶	۱۴۱	۳۱۷
۸	محافظ غذا	۲۷	۵۰	۲۳۱	۱۸۴

نتیجه گیری و بحث:

همان طور که در جدول بالا نشان داده شده است ، عناصر در نمونه های کاغذ شناسایی و اندازه گیری شده اند. طی پرتودهی کوتاه مدت و بلند مدت ، با تفاوت در شارو مدت زمان پرتودهی و با توجه به اکتیویته استانداردها و نمونه مجهول ، میزان عناصر داخل انواع بسته بندی ها معین شد.

همانطور که مشاهده شد میزان عناصر سمی داخل بسته بندی ها قابل توجه است . به خصوص این میزان برای بسته بندی های پیتزا و رشته های آش بسیار بالا است . لازم به ذکر است که خطر انتقال فلزات سنگین از بسته بندی هایی که برای مواد غذایی داغ استفاده می شود، جدی تر است .

راهکاری که بدیهی می نماید استفاده از بسته بندی های استاندارد در برای تمام مواد غذایی ، اعمال نظارت بیشتر بر صنایع بسته بندی ، گسترده تر کردن تحقیقات در زمینه تولیدات ارزان قیمت پلیمری برای بسته بندی ها ی ساده و نیز بررسی میزان انتقال این مواد از بسته بندی ها به بدن است.

منابع و مراجع:

[1]Lars Jarup.,Hazards of heavy metal contamination ,Br .Med.Bull.2003;68:167-182
[2] Determination of heavy metals pollution by hair nalysis , E-JIMA:I(6)2000;1-10
[3]S.J.Parry ., Neutron Activation Analysis of recycled paper and board in contact with food , J.Rad.Nucl.Chem.,2001;248(1):143-147
[4] S.J.Parry ., D.S.J.Aston ., Migration of inorganic contamination into dry food from packaging made from recycled paper and board , J.Rad.Nucl.Chem.,2004 ;21(5):506-511

[5]T Soulfanidis, N.,Measurment and detection radiation. hemisphere publishing corporation , New york , 1986
[6]Erdtmann , G.1976 , Neutron activation tables , Weinheim , newyork , Varlag cheimie
[7]Maestro ^{TM} , 1989, Software Operator's Manual
[8]OMNIGAM^{TM} , 1989, Gamma ray spectrum analysis B30-BI, Software Manual