نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۱۶، صفحات ۲۵ - ۳۱، ۱۳۷۷

بررسی محلول کومارین برای دُزیمتری پرتوهای یونساز

حسین غفوریان، محمد ربانی، فرانک زاهدی
مرکز تحقیقات هسته‌ای
سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

مطالعات انجام شده نشان داده است که استفاده از کومارین به دلیل ساختار معطر (آروماتیک) و چگالی الکترونی خاص در دوزیمترهای مایع امکان دارد. این ویژگی به علت وجود گذارهای $\pi \rightarrow \pi^*$ و $n \rightarrow \pi^*$ به ویژه گذار $\pi \rightarrow \pi^*$ است که باعث پدیدارشدن خاصیت فلورسانس در ترکیبات پیچیده آلی می‌شود. در این پژوهش بررسیهای متعددی برروی محلول کومارین به منظور استفاده از پرتوهای یونساز با شدت‌های متفاوت در دُزیمتری به عمل آمد. برای این منظور چشمهٔ کبالت ۶۰ با قدرت ۲۰۰ کوری مورد استفاده قرار گرفته است. در بررسیهای اولیه، کومارین در محیط آبی با دُزهای مختلف ۰، ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ گری مورد آزمایش قرار گرفت: نتایج آزمایشها در طول موجهای ۲۰۴ و ۲۰۹ نانومتر و در گسترهٔ دُزهای ۰/۵ تا ۲ گری نشان داد که کاربرد کومارین در دُزیمتری در این گستره امکان‌پذیر است. تحقیقات بعدی نشان داد که کومارین در محیط الکلی در گسترهٔ ۰/۵ تا ۲ گری دارای نوسانات مختلف جذبی بوده و امکان استفاده از تغییرات میزان جذب به منظور دُزیمتری از حساسیت و دقت خوبی برخوردار نمی‌باشد.

مقدمه

تحقیقات انجام شده نشان داده است که محلول کومارین را می‌توان برای تعیین میزان دُز جذب شده بکار برد. در واقع، دُزیمتر ابزار اندازه‌گیری میزان تابش است و این عمل را می‌توان نتیجهٔ یک رشته تغییرات در ساختار مولکولی مادهٔ موردنظر دانست که در فازهای گاز، مایع و جامد رخ دهد. بطورکلی عامل دُزیمتری باید قادر باشد با پرتوهای یونساز در مرحله پرتوگیری برهمکنش نماید. دُزیمترهای مایع به دلیل بافت یکنواخت وقابلیت کاربرد در اندازه‌های مختلف، مناسب هستند. از مزایای کاربرد دُزیمترهای مایع امکان قراردادن آنها در هر نقطه و به هر اندازه و طرز قرار گرفتن آنها روی موضع می‌باشد.

روش کار

اساس کار براین قرار داده شد که تحت تابشهای متفاوت، میزان جذب‌کنندگی محلول کومارین تعیین شود و نتایج حاصل از تغییرات میزان جذب جهت بررسی اثرهای خطی دُز جذب شده بکار رود. برای این منظور از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) استفاده شد.

ترکیب کومارین (2H-1-benzopyrane) دارای ساختار منشور راست لوزی (رومبیک) می‌باشد. حلالیت آن در اتانول بسیار زیاد است ولی در آب به سختی و کم حل می‌شود. برای تهیه محلول کومارین آب مقطر دوبار تقطیر شده بکار رفته است و برای رفع مزاحمت یونی روی محلول، که اثر نامطلوب بر جذب می‌گذارد، ظروف مصرفی

می‌بایست بسیار تمیز و بدون آلودگی باشند. ظروف شیشه‌ای از جنس پیرکس و ظروف حمل نمونه از نوع پلی‌اتیلنی انتخاب شده‌اند. شستشوی ظروف شیشه‌ای ابتدا توسط مخلوطی از اسیدهای سولفوریک و نیتریک (به نسبت ۱ و ۳) انجام گرفته، سپس کلیه ظروف با آب مقطر شسته شده‌اند و بعد از تهیه محلول کومارین، pH آن جهت پایداری ترکیب، در ۷/۴ تنظیم گردیده است. محلولها در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری می‌شده‌اند تا از واکنشهای شیمیایی احتمالی جلوگیری شود. محلولهای کومارین در آب و در الکل در ظروف پلی‌اتیلنی به وسیلهٔ چشمهٔ $Co-60$ در مرکز تحقیقات هسته‌ای تحت تابش قرار گرفته‌اند. میزان پرتوزایی این چشمه در جریان آزمایش ۲۰۰ کوری بوده است.

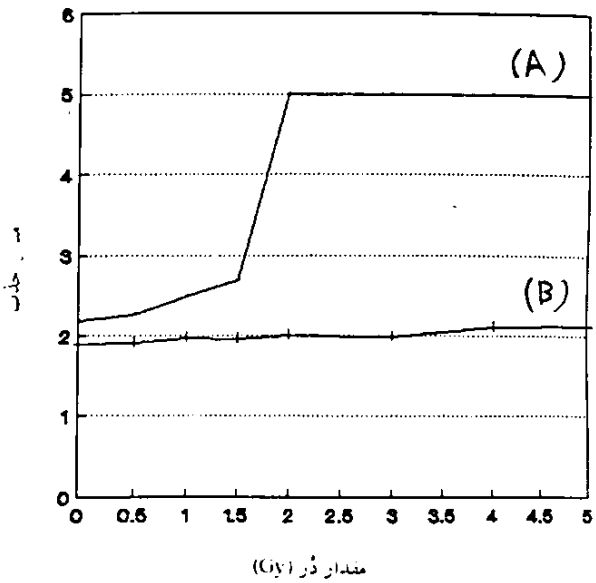
محلول مائی کومارین با غلظت تقریبا" 10^{-4} مولار تهیه شده است؛ برای تهیه این محلول مقدار ۱۵ میلی‌گرم از این ماده در یک لیتر آب مقطر دوبار تقطیر شده تا دمای ۷۰ درجه سانتیگراد حل شده است.

تعیین گسترهٔ دقیق دُزیمتری با کومارین، با استفاده از دُزهای ۰، ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ گری صورت گرفت و با دستگاه طیف‌سنج‌نوری در محدوده فرابنفش در طول موج‌های ۲۰۰ تا ۳۷۰ نانومتر میزان جذب بررسی شد. پیکهای شاخص خود سیستم آروماتیک کومارین در گسترهٔ ۲۷۵ تا ۲۸۰ نانومتر و ۳۱۴ نانومتر قرار دارند. بررسیها نشان داد که پیکهایی در گسترهٔ ۲۰۰ تا ۲۱۰ نانومتر بعد از تابش‌دهی ظاهر می‌شوند. در ناحیه‌های ۲۰۲ و ۲۰۸ نانومتر پیکهایی مشاهده گردید که، با توجه به دُزهای تابانده شده، افزایش یا کاهش شدت آنها معیار میزان دُز تابشی برحسب گری در نظر گرفته شد.

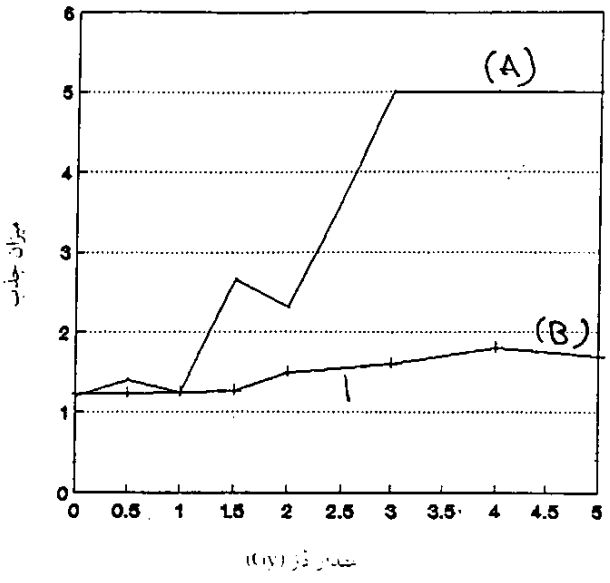
نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که نمودار جذب محلول کومارین در آب در گسترهٔ طول موجهای ۲۰۲ تا ۲۰۴ نانومتر، تحت تابش از ۰ تا ۵ گری، تبعیت از یک نظام خطی می کند در حالیکه در نتایج حاصل از پرتودهی کومارین در حلال الکل نظم خطی مشاهده نشد. در این آزمایشها گستره پرتودهی محدود به مقادیر ۰ و ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ گری بود. در شکل ۱ مشاهده می‌شود که برای محلول مائی کومارین در طول موج ۲۰۳ نانومتر در گسترهٔ ۰ تا ۱/۵ گری افزایش نسبتا" ملایم جذب و از ۱/۵ تا ۲ گری افزایش سریع و بسیار زیاد جذب وجود دارد و از دو گری به بعد میزان جذب ثابت می‌ماند. مقادیر جذب در گسترهٔ دُزهای ۰ تا ۵ گری در کومارین حل شده در آب در جدول ۱ درج شده است.

تحقیقات انجام شده برروی کومارین در حلال الکل نشان داد که در طول موج موردنظر از ۰/۵ تا ۳ گری در نمودار جذب آن نقاط ماکزیمم و مینیمم متعدد مشاهده می‌شود که برای دُزیمتری مناسب نیست و از ۳ گری به بعد جذب ثابت می‌ماند (شکل ۲). نتایج حاصل از طیف نمونه‌های متعدد پرتودیده محلول کومارین در الکل نشان داد که جهت بررسی دقیقتر باید از روشهای اندازه‌گیری دیگری مانند روش لیزر فلوئوریمتری استفاده کرد.

مقادیر جذب در گستره دُزهای ۰ تا ۵۰ گری در کومارین حل شده در الکل در جدول ۲ درج شده است. ادامه کار با دُزهای ۰ و ۰/۵ و ۰/۷ و ۱ و ۱/۳ و ۱/۵ و ۱/۷ و ۲ گری برروی محلول کومارین در آب در طول موج ۲۰۴ نانومتر به انجام رسیده و نتایج بدست آمده در این مرحله بسیار رضایت‌بخش بود. بدین‌ترتیب که در گسترهٔ ۰/۵ تا ۱/۷ گری نمودار جذب صعودی و دارای شیب ملایمی است (شکل ۳). از ۱/۷ تا ۲ گری افزایش جذب بسیار زیاد و سریع می‌باشد. از ۲ گری به بالا مقدار جذب



شکل ۱- تغییرات میزان جذب کومارین حل شده در آب در طول موجهای ۲۰۳ نانومتر (منحنی A) ۲۰۹ نانومتر (منحنی B) بعد از پرتودهی با چشمهٔ گاما



شکل ۲- تغییرات میزان جذب کومارین حل شده در الکل در طول موجهای ۲۰۵ نانومتر (منحنی A) و ۲۱۱ نانومتر (منحنی B) بعد از پرتودهی با چشمهٔ گاما

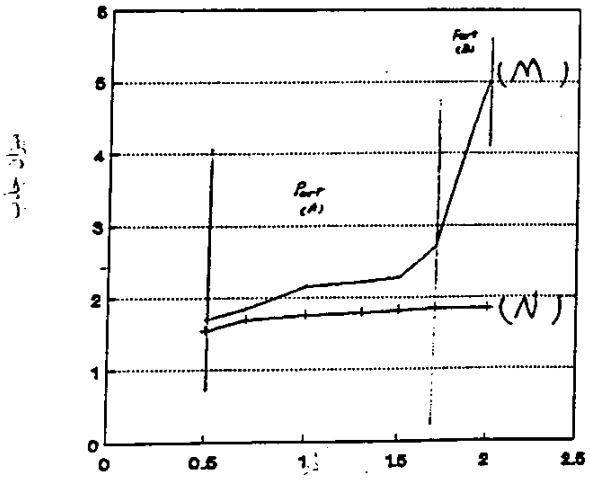
جدول ۱- مقادیر جذب در گسترهٔ دُزهای ۰ تا ۵ گری در کومارین حل شده در آب

دُز (Gy)	دستهٔ ۱ ۲۰۳nm	دستهٔ ۲ ۲۰۹ nm
۰	۲/۱۷۹	۱/۸۹۹
۰/۵	۲/۲۵۳	۱/۹۱
۱	۲/۴۹	۱/۹۶۳
۱/۵	۲/۶۸	۱/۹۵
۲	۵	۲
۲/۵		
۳	۵	۱/۹۹
۳/۵		
۴	۵	۲/۱
۴/۵		
۵	۵	۲/۱۲

جدول ۲- مقادیر جذب در گستره دُزهای ۰ تا ۵ گری در کومارین حل شده در الکل

دُز (Gy)	جذب در ۲۰۵ nm	جذب در ۲۱۱ nm
۰	۱/۲۰۱	۱/۲۳
۰/۵	۱/۴	۱/۲۴
۱	۱/۲۵۸	۱/۲۵
۱/۵	۲/۶۵	۱/۲۶
۲	۲/۳	۱/۵
۲/۵		
۳	۵	۱/۶
۳/۵		
۴	۵	۱/۸
۴/۵		
۵	۵	۱/۷

مانند نتایج قبلی ثابت است. نمودار شکل ۳ به دو قسمت تقسیم شده است. از ۰ تا ۱/۷ گری و از ۱/۷ تا ۲ گری که در این شکل مشهود است. با توجه به این نمودار، معادله‌های رایانه‌ای $y = ۱/۳۷۷۷ + ۰/۷۵۱ x$ متعلق به ناحیهٔ ۰ تا ۱/۷ گری و $y = ۱/۸۴ + ۰/۰۳ x$ مربوط به ناحیهٔ ۱/۷ تا ۲ گری، برای محاسبهٔ میزان جذب در طول موج ۲۰۴ نانومتر، که مرتبط با میزان دُز جذب‌شده بر حسب گری می‌باشند، بدست آمد. جدول ۳ میزان جذب را در طول موجهای ۲۰۴ و ۲۰۹ نانومتر نشان می‌دهد.



شکل ۳- تغییرات میزان جذب کومارین حل شده در آب در طول موجهای ۲۰۴ نانومتر (منحنی M) و ۲۰۹ نانومتر (منحنی N) بعد از پرتودهی با چشمهٔ گاما. منحنی M به دو قسمت (A) و (B) تقسیم شده است

نتیجه‌گیری

آنچه در این آزمایشها از آغاز کار مطرح بوده وجود یک سیستم آروماتیکی در مولکول کومارین است. گذارهای مولکولی که اینجامهم به شمار می‌روند، گذارهای $\pi^* \rightarrow \pi$ و $n \rightarrow \pi^*$ هستند. گذار $n \rightarrow \pi^*$ از جمله عوامل تشدیدکنندهٔ پدیدهٔ فلوئورسانس مخصوصا" در ترکیبات آلی می‌باشد که با آزمایشهای متوالی در محدودهٔ کوچک بین ۰ تا ۲ گری برای ترکیب کومارین در نظر گرفته شد. در این محدوده می‌توان ارتباط مناسبی بین پدیدهٔ جذب و میزان دُز اشعهٔ تابانده شده برقرار نمود و معادلاتی جهت اجرای یک رشته بررسیهای نظری بعدی بدست آورد. نتایج حاصل از این کار تحقیقاتی نشان داد که امکان استفاده از کومارین و ترکیبات آن در دُزیمتری وجود دارد و با ادامه کار تحقیقاتی می‌توان زمینه‌های کاربردی آن را فراهم نمود.

جدول ۳- میزان جذب محلول کومارین در رابطه با مقدار دُز تابشی در طول موجهای ۲۰۴ و ۲۰۹ نانومتر

دُز (Gy)	جذب در ۲۰۴ nm	جذب در ۲۰۹nm
۰		
۰/۱		
۰/۲		
۰/۳		
۰/۴		
۰/۵	۱/۶۹	۱/۵۴
۰/۶		
۰/۷	۱/۸۵	۱/۷
۰/۸		
۰/۹		
۱	۲/۱۵	۱/۷۵
۱/۱		
۱/۲		
۱/۳	۲/۲۱	۱/۷۸
۱/۴		
۱/۵	۲/۲۸	۱/۸۱
۱/۶		
۱/۷	۲/۷	۱/۸۴
۱/۸		

References

1. A. K. Collins, G. M. Makrigiorgos, and G. K. Svesson Coumarin chemical dosimeter for radiation therapy (18August 1994).
2. A spectroscopic study of the excited states of coumarin. j. phys. chem. 74, 4234 (1980).
3. Aqueous chemical dosimetry. Int. J. Appl. Rad. Isot. 33, 1159 (1982).
4. Skoog - Icary, Principles of Instrumental analysis 4 ed (1992).

INVESTIGATION OF COUMARIN SOLUTION FOR IONISATION RADIATION DOSINETRY

H. Ghafourian, M. Rabbani, F. Zahedi
Nuclear Research Center
Atomic Energy Organizotion of Iran

Abstract

Investigation was shown that coumarin solution is one of the several compounds that because of their aromatical structure and special electronic density can be used as liquid dosimetr.

Transitions of $\pi \rightarrow \pi^*$ and $n \rightarrow \pi^*$, specially transitions $\pi \rightarrow \pi^*$, cause the flourscence effect in organic complex compounds. Different studies for radiation effects were done in this research by applying different dosage of ^{60}Co gamma ray as the main source which was used in this experiment and the referred activity was about 200 Ci.

In the primary studies, coumarin was tested in water solvent in doses of 0, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30Gy. The absorbed dose between 0.5 and 2 Gy results of experiment in UV-spectrum in 204 nm and 209 nm were reproducible, which make the coumarin applicable for dosimetr. The other experiments showed that coumarin solution in alcohol have different variation of absorption in doses of 0.5-2 Gy, but this variations of absorption aren't enough sensitive that make possible application of coumarin in alcohol as a dosimetr.