

بررسی امکان تعیین چربی شیر با چگالی سنج گاما

امیرمحمد بیگزاده^۱، محمدرضا رشیدیان وزیر^{۲*}، حسن وثوقیان^۲

۱. پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی ۱۱۳۶۵ - ۳۴۸۶، تهران-ایران
۲. پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی ۱۳-۱۴۳۹۹۵۱۱، تهران-ایران

چکیده:

چربی‌ها در بسیاری از مواد روزمره همانند فراورده‌های لبنیاتی، گوشت، زرده تخم مرغ، و روغن‌ها بطور طبیعی یافت می‌شوند. صنعت غذایی یکی از بزرگترین صنایع در جهان است که تک تک افراد دنیا به صورت مستقیم یا غیر مستقیم با آن در ارتباط می‌باشند. آنچه در این بین اهمیت دارد کیفیت و گزارش میزان دقیق ترکیبات موجود در مواد غذایی است. با استفاده از روش‌های دقیق، متخصصین صنایع غذایی قادر خواهند بود کیفیت محصولات خود را قبل از تولید نهایی تعیین نمایند. رادیومتری گاما یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری محسوب شده و در بسیاری از صنایع برای اندازه‌گیری و پایش برخط کیفیت محصولات استفاده می‌شود. در این پژوهش از چشمه سزیوم-۱۳۷ در یک طرف نمونه و یک آشکارساز یدور سدیم یک اینچی در طرف دیگر نمونه قرار استفاده شده و نوع نمونه مورد بررسی از شیر کم چرب به شیر پرچرب تغییر داده شده است. نشان داده شده است که با استفاده از رادیومتری گاما حداکثر در زمان ۵۰ ثانیه، شیر پر چرب و کم چرب با دقت بسیار بالا از همدیگر قابل تفکیک هستند.

کلیدواژه‌ها: چگالی سنج، چشمه گاما، صنایع غذایی، پرتوهای عبوری

Investigating the possibility of milk fat determination by gamma density gauge

Amirmohammad Beigzadeh¹, Mohammad Reza Rashidian Vaziri^{2*}, Hassan Vosoughian²

1. Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.Box: 11365-3486, Tehran - Iran
2. Photonics and Quantum Technologies Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.Box: 14399511-13, Tehran - Iran

Abstract:

Fat is found naturally in many everyday substances, such as dairy products, meat, egg yolks, and oils. The food industry is one of the largest industries in the world, with which every person in the world directly or indirectly are communication. What is important in this regard is the quality and accurate reporting of food ingredients. Using precise methods, food industry professionals will be able to determine the quality control operations of their products before production is finalized. Gamma Radiometry is one of the most accurate measurement methods and is used in online measurement and monitoring processes in many industries based on the detection of attenuated flux of a gamma source with a certain activity. In this study, a cesium-137 source was placed on one side of the sample and a 1-inch NaI(Tl) detector was placed on the other side of the sample, and the type of milk was changed from low-fat to high-fat. It is shown that high-and low-fat milks were separated with a high accuracy in a maximum time of 50 seconds.

Keywords: Gamma Gauge, Gamma source, Food industry, Transmission rays.

Email:rezaeerv@gmail.com

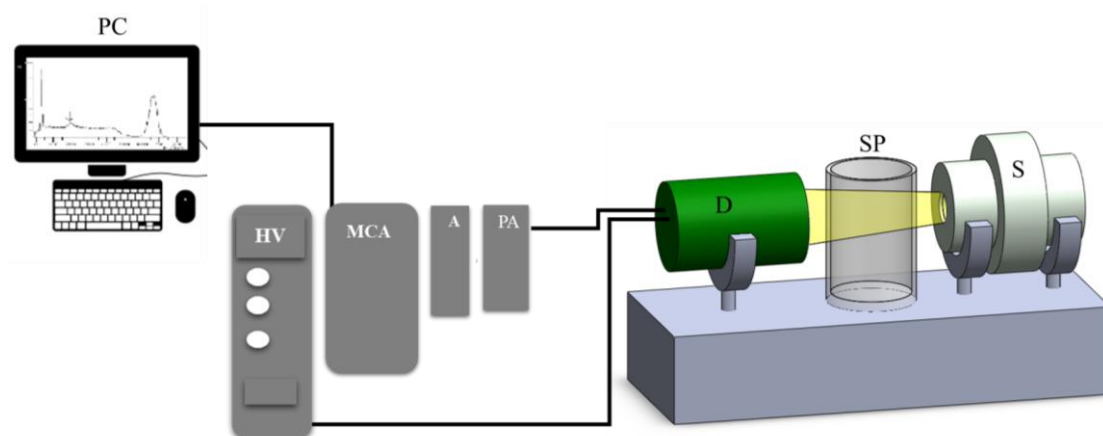
۱. مقدمه

استفاده از منابع غذایی سالم و فراوان برای هر ملتی در جهان یک هدف اصلی است. از دهه ۱۹۶۰، روشهای هسته‌ای نقشی اساسی در حل برخی از موانع دستیابی به این هدف داشته‌اند. روندها و رویکردهای جدید در تولید مواد غذایی و کشاورزی تأثیر محسوسی بر کیفیت زندگی مردم در سراسر جهان داشته است. تحقیق، آزمایش، آنالیز و تجربه در زمینه استفاده صلح آمیز از انرژی هسته‌ای به حل بسیاری از مشکلات عملی طرفداران و صنعت کمک کرده است. متأسفانه، همه برنامه‌های هسته‌ای موفق در دسترس برای کشورهای صنعتی به کشورهای در حال توسعه دسترسی ندارند. برای رفع این مشکل، در سال ۱۹۶۴، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) و سازمان غذا و کشاورزی (FAO) سازمان ملل متحد برای ایجاد بخش مشترک فنون هسته‌ای FAO / IAEA در مواد غذایی و کشاورزی، نیروها را متحد کردند [1]. چهار زمینه اصلی کاربرد فناوری هسته‌ای در صنعت غذایی عبارتند از: کاهش آفات، بهبود سلامت حیوانات، افزایش تولید محصولات زراعی و بهبود فرآوری مواد غذایی [2]. یکی از ابزارهای بسیار پر کاربرد مبنای هسته‌ای بهره‌گیری از سنجشگرهای هسته‌ای در صنایع مختلف است. سنجشگرهای هسته‌ای ابزار اندازه‌گیری و آنالیز هستند که از اندرکنش بین تابش یونساز و ماده بهره‌می‌گیرند. صنعت در سراسر جهان با بهینه‌سازی فرایندها و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و مواد، از این فناوری برای کنترل و بهبود کیفیت محصول استفاده می‌کند. چند صد هزار سیستم کنترل هسته‌ای در سراسر جهان در صنعت کار می‌کنند. از آنجا که این فناوری این مزیت اساسی را دارد که نیازی به تماس مستقیم با مواد نیست، این ابزارها مخصوصاً برای استفاده در خطوط تولید با سرعت بالا یا سیستم‌هایی که در دماهای شدید کار می‌کنند مناسب هستند. سیستم‌های کنترل هسته‌ای را می‌توان برای برنامه‌های اندازه‌گیری ایستا یا پیوسته استفاده کرد. بعضی از سنجشگرهای هسته‌ای از چشمه‌های تابش استفاده نمی‌کنند بلکه بر اساس اندازه‌گیری تابش طبیعی ماده مورد بررسی است. سیستم‌های اندازه‌گیری هسته‌ای همچنین امکان تجسم ساختارهای داخلی اجسام را فراهم می‌کنند و از طریق فناوری‌های مختلف مانند توموگرافی رایانه‌ای (CT) جریان می‌یابد. دو روش سنجشگر عمده که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند مدل عبوری و مدل پس‌پراکنشی هستند. این سیستم‌ها مواد را بدون از بین بردن یا تغییر در خصوصیات آن اندازه‌گیری می‌کنند. تابش گامای پرنرژی می‌تواند به دیواره ظروف مهر و موم شده نفوذ کند و این باعث می‌شود مواد داخل آن بدون باز شدن ظروف اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری چربی شیر یک کار مشترک در صنایع لبنی است، زیرا محتوای چربی شیر یکی از عواملی است که قیمت شیر را تعیین می‌کند و دانستن آن برای عادی‌سازی نسبت کازئین به چربی ضروری است. برای دامدار نیز مهم است که محتوای چربی شیر را دقیقاً بشناسد: اختلاف در نتایج آزمایشات چربی شیر (که معمولاً در کارخانه صنایع لبنی انجام می‌شود) ارتباط اقتصادی دارد. علاوه بر این، مقدار کم چربی شیر می‌تواند وجود کمبودهای بهداشتی حیوانات را نشان دهد. به طور مثال در کشور آرژانتین، جایی که محتوای دقیق چربی شیر برای انواع مختلف شیر توسط قوانین فدرال برای شیر مایع و شیر خشک تعیین شده است، از اهمیت بیشتری برخوردار است. چندین روش برای اندازه‌گیری میزان چربی شیر استفاده شده و با گذشت زمان بهبود یافته است. روش مرجع Röse-Gottlieb و روش بوتیرومتری Gerber از متداول‌ترین و سنتی‌ترین روش‌ها هستند [3]، اما این کارها وقت‌گیر و طولانی هستند و از چندین واکنش دهنده (بعضی از آنها خطرناک) و تجهیزات خاص استفاده می‌کنند. حجم بیشتر نمونه‌های کنترل نوکلونیک نسبت به سایر تکنیک‌های فیزیکی بیشتر است، که معمولاً بسیار بیشتر از سنجش‌ها (روش‌های نمونه‌گیری تحلیلی) است که برای تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی جمع‌آوری می‌شوند. این سیستم‌ها از نظر کاربرد و کاربرد در مواد و فرایندهای مختلف، مقاوم و معمولاً متنوع هستند. علاوه بر این، این روش‌ها برای تعداد زیادی از نمونه‌ها مناسب نیستند. روشهای دیگر شامل استخراج چربی شیر با حلالهای آلی قبل از اندازه‌گیری است، روشی زمانبر که شامل چندین عمل دستی و خطای درون‌سنجی و متقابل زیاد است. این روشها معمولاً از مقادیر زیادی از حلالهای کلره دار یا غیر کلره دار استفاده می‌کنند [4] که گران هستند و اثرات نامطلوبی بر محیط می‌گذارند. صنایع لبنی از چندین روش خودکار که به طور

خاص برای آن توسعه یافته استفاده می کند (ووست و رودزیک ، ۲۰۰۳). در این مطالعه به معرفی روش ساده و سریع برای اندازه گیری غیرمخرب و غیرتماسی چربی شیر با استفاده از روش هسته ای پرداخته شده است.

۲. روش کار

در این آزمایش شیر با مقدار چربی متفاوت در شرایط یکسان مورد آزمایش قرار داده شد تا بررسی شود که چگالی سنج گاما قابلیت تفکیک چگالی نمونه‌ها را با چه دقتی و در چه زمانی دارا است. در این آزمایش سعی شده است که با چگالی سنج طراحی شده گاما، شیر پر چرب و کم چرب از یکدیگر تفکیک شده و دقت تفکیک شیر پرچرب و کم چرب توسط چگالی سنج گاما را با تغییر زمان شمارش افزایش داده شود. طرحی از هندسه مورد استفاده در آزمایش‌ها در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل ۱: طرحی از هندسه آزمایش، S چشمه، SP نمونه شیر، D آشکارساز، PA پیش تقویت کننده، A تقویت کننده، MCA تحلیلگر چند کاناله، HV دستگاه ولتاژ بالا، PC رایانه شخصی

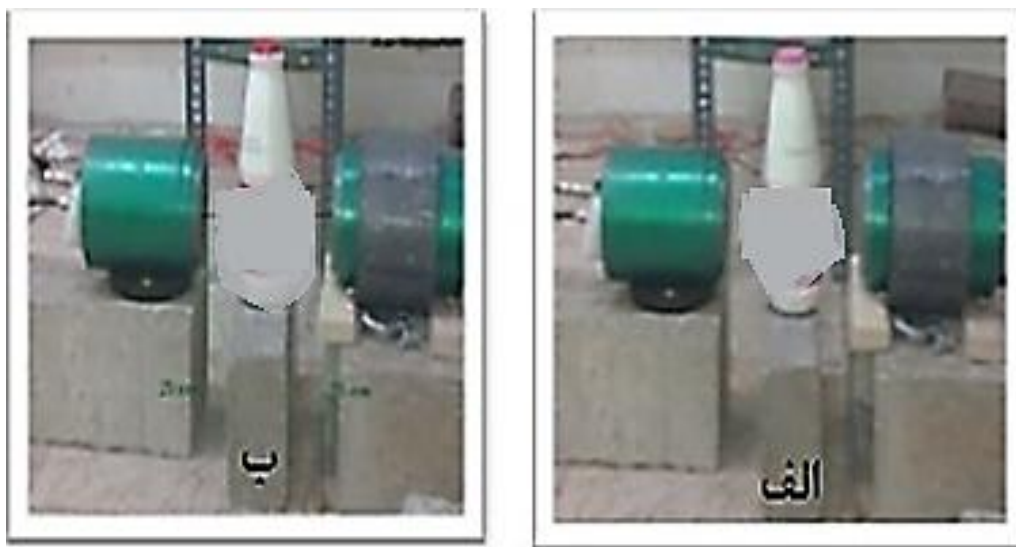
در این کار از آشکارساز یدور سدیم با ابعاد 2×1 اینچ ساخت شرکت Amcryst استفاده شد. نمایی از آشکارساز به همراه بخش لامپ تکثیر کننده فوتونی در شکل 2 نشان داده شده است. برای راه اندازی آن ولتاژ کار بهینه ۶۰۰- ولت اعمال شد.



شکل ۲: آشکارساز 2×1 اینچ

برای تغذیه آشکارسازهای سوسوزن مورد استفاده، منبع تغذیه DC ولتاژ بالا مدل ۸۱۰۰ ساخت IAP استفاده شده است. در تقویت کننده، بهره تغییر زمان شکل‌دهی و نیز تولید تپ خروجی تک قطبی یا دو قطبی تنظیم شد. از تحلیلگر

چند کاناله (MCA مدل ۴۱۱۰ ساخت IAP) با اتصال به کامپیوتر و استفاده از نرم افزار DAS، جهت طیف نگاری و ثبت شمارش های زیر پیک یا کل یک طیف استفاده شد. برای آزمایش از شیر با چربی های ۱٪، ۱.۵٪ و ۳.۲٪ محصول یک شرکت داخلی استفاده شد. تمامی نمونه ها در دمای آزمایشگاه پس از رسیدن به تعادل دمایی در ظرف مخصوص قرار داده شدند و اندازه گیری برای آنها انجام شد. از چشمه ^{137}Cs با فعالیت ۵ میلی کوری به عنوان منبع تابش استفاده شد. این چشمه گاما، فوتون هایی با انرژی ۰.۶۶۲ کیلو الکترون ولت گسیل می کند. چشمه در داخل یکسوساز سربی قرار داده شد تا با واگرایی کمتری از ظرف و نمونه عبور کند. در این آزمایش بدون تغییر هندسه آزمایش، تنها تأثیرات تغییر زمان شمارش برای کاهش خطا مورد بررسی قرار گرفت. نمایی از چیدمان تجربی مورد استفاده در این کار در **Error!** **Reference source not found.** ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: چیدمان تجربی تفکیک شیر پرچرب و کم چرب. الف: آزمایش برای شیر کم چرب، ب: آزمایش برای شیر پر چرب.

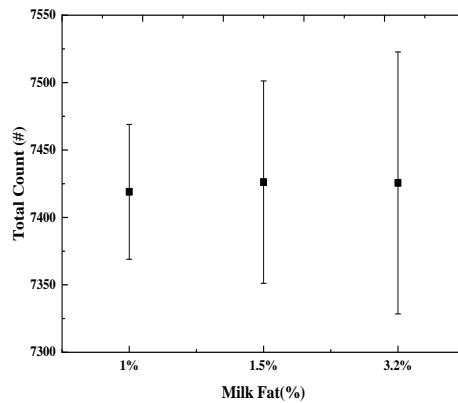
۳. نتایج:

این آزمایش برای سه زمان ۵، ۱۰، ۵۰ ثانیه تکرار شد و بهترین حالت تفکیک برای زمان ۵۰ ثانیه بدست آمد. فاصله چشمه از دهانه خروجی حفاظ ۱۱.۵ سانتیمتر، فاصله آشکارساز از دهانه ۱۵ میلیمتر و فاصله دهانه کولیماتورها از یکدیگر ۲۰ سانتیمتر بوده است. آزمایش ها برای سه نوع شیر تولیدی یک کارخانه یکسان با درصدهای چربی متفاوت تکرار شده است. پس از ثبت طیف های به دست آمده در آشکارساز، سطح زیر فوتوپیک و سطح زیر کل طیف در زمان های ۵، ۱۰ و ۵۰ ثانیه شمارش شدند. از شمارش سطح زیر ناحیه فوتوپیک نتایج مطلوبی حاصل نشد. شکل های ۴-۶ نتایج شمارش سطح زیر کل طیف برای درصدهای مختلف چربی شیر را نشان می دهند.

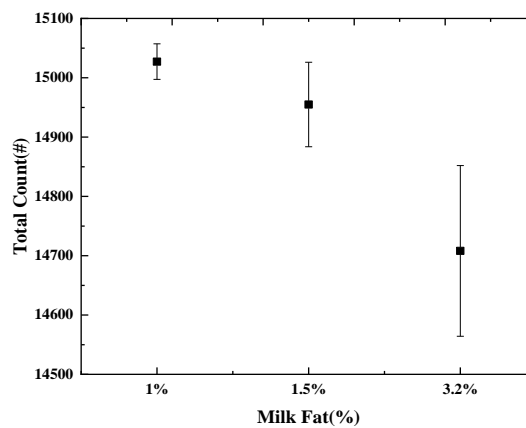
مطابق با قانون بیر-لامبرت، زمانی که فوتون های گاما با شدت I_0 از درون نمونه ای با چگالی ρ عبور می کنند، تعداد آن ها به صورت نمایی و مطابق با رابطه زیر کاهش می یابد:

$$I = I_0 e^{-\mu_m \rho d} \quad (1)$$

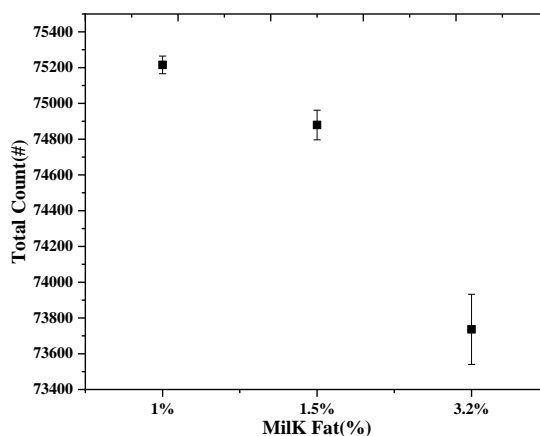
که در آن d ضخامت نمونه و μ_m ضریب تضعیف جرمی است. بنابراین با افزوده شدن به درصد چربی موجود در نمونه‌های شیر و افزایش چگالی آن‌ها، همانطور که در شکل‌های ۴-۶ نشان داده شده است، تعداد فوتون‌های دریافتی توسط آشکارساز کاهش خواهند یافت.



شکل ۴: نتایج شمارش کل در ۵ ثانیه



شکل ۵: نتایج شمارش کل در ۱۰ ثانیه



شکل ۶: شمارش کل در ۵۰ ثانیه

به شکلی منطقی، با افزایش مدت زمان شمارش میزان خطا در نمودارها کاهش یافته است. با کاهش میزان خطای شمارش، برای زمان ۵۰ ثانیه، میزان دقت اندازه‌گیری و تفکیک نمونه‌های شیر تا ۰.۹۹٪ افزایش می‌یابد. باید در نظر داشت که فرایند واپاشی، فرایندی آماری با توزیع احتمال گاوسی است. بنابراین، تعداد کافی از این فوتون‌های تابشی باید توسط آشکارساز شمارش شود تا میزان عدم قطعیت اندازه‌گیری کاهش یابد. دقت نتایجی که از تابع توزیع احتمال گاوسی تبعیت می‌کنند به صورت انحراف معیار نسبت به مقدار اندازه‌گیری شده تعریف می‌شود:

$$\frac{\sigma(N)}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

بنابراین دقت اندازه‌گیری با افزایش تعداد فوتون‌های شمارش شده افزایش خواهد یافت.

۴. نتیجه‌گیری

میزان چربی شیر یکی از مولفه‌های اساسی در بیان ارزش غذایی این ماده خوراکی پر مصرف است. روشهای مختلفی برای سنجش نسبت درصد چربی شیر از قبیل روش‌های حجمی، وزنی، طیفی و رزبر وجود دارد [۵]. در این مطالعه امکان بهره‌گیری از پرتوهای گاما عبوری برای اندازه‌گیری میزان چربی موجود در شیر با درصد چربی ۱، ۱.۵ و ۳.۲ درصد بررسی شده است. نمونه شیرها در ظروف یکسان و در تعادل دمایی با محیط آزمایشگاه در هندسه اندازه‌گیری قرار داده شدند. با شمارش سطح زیر کل طیف در زمانهای ۵، ۱۰ و ۵۰ ثانیه دقت تفکیک نمونه‌ها بیشتر شد و در ۵۰ ثانیه با دقت ۹۹/۹۹ درصد (3σ) قابل تشخیص است. این روش ساده می‌تواند جایگزین روشهای زمانبر برای اندازه‌گیری درصد چربی باشد.



مراجع

- [1] Maluszynski, M., K. Nichterlein, L. van Zanten, and B. S. Ahloowalia. "Officially released mutant varieties-the FAO/IAEA Database." (2000).
- [2] Sarcheshmeh, Elaheh Ebrahimi, Masoud Bijani, and Hassan Sadighi. "Adoption behavior towards the use of nuclear technology in agriculture: A causal analysis." *Technology in Society* 55 (2018): 175-182.
- [3] Mlcek, Jiri, et al. "Accuracy of the FT-NIR Method in Evaluating the Fat Content of Milk Using Calibration Models Developed for the Reference Methods According to Röse-Gottlieb and Gerber." *Journal of AOAC International* 99.5 (2016): 1305-1309.
- [4] Stefanov, Ivan, Bruno Vlaeminck, and Veerle Fievez. "A novel procedure for routine milk fat extraction based on dichloromethane." *Journal of food composition and analysis* 23.8 (2010): 852-855.
- [5] Forcato, D. O., M. P. Carmine, G. E. Echeverria, R. P. Pécora, and S. C. Kivatinitz. "Milk fat content measurement by a simple UV spectrophotometric method: An alternative screening method." *Journal of dairy science* 88, no. 2 (2005): 478-481.