

ارزیابی اقتصادی روش رنگ سنجی و روش HPLC در اندازه‌گیری نیترات فرآورده‌های گوشتی

مسعود مرادی^۱، کیومرث شرفی^۲، سهراب دلانگیزان^{۳*}، ستار جمشید پور^۴

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۲- مربی و عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۳- دکترای اقتصاد و استادیار دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۴- کارشناس ارشد صنایع غذایی، آزمایشگاه معاونت غذا و داروی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
*نویسنده مسئول مکاتبات: sohrawdlangizan@gmail.com

(دریافت مقاله: ۹۲/۴/۱۲ پذیرش نهایی: ۹۳/۴/۱)

چکیده

نیترات یکی از ترکیبات طعم‌دهنده، تثبیت‌کننده رنگ و مهارکننده رشد میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی در فرآورده‌های گوشتی می‌باشد. میزان بالای آن در مواد غذایی موجب بیماری مت‌هموگلوبینمیا و سرطان می‌شود. لذا اندازه‌گیری آن جهت تامین سلامت مصرف‌کنندگان ضروری است. از روش‌های رایج اندازه‌گیری نیترات، روش رنگ‌سنجی و HPLC می‌باشد. در اندازه‌گیری نیترات، کارایی، دقت، سرعت و میزان مواد مصرفی از نظر اقتصادی مهم می‌باشند. در این مطالعه هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، پرسنل، مواد مصرفی و وسایل غیرمصرفی در دو روش محاسبه گردیده و در نهایت ارزش خالص هزینه‌ها (NPV: Net Present Value) برای هر کدام به دست آمد. نرخ بهره از ۴ تا ۳۰٪ در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد میزان سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه سالیانه پرسنل و مواد مصرفی در روش رنگ سنجی به ترتیب برابر ۲۷۴۰۰۰۰۰، ۳۷۹۰۸۰۰۰۰ و ۲۱۴۲۸۹۱۳۰ ریال و در روش HPLC به ترتیب برابر ۳۴۲۰۰۰۰۰۰، ۲۵۲۷۲۰۰۰۰ و ۷۶۳۳۰۸۰ ریال برآورد گردید. میزان NPV در حداقل و حداکثر نرخ بهره در نظر گرفته شده (۴ و ۳۰٪) در روش رنگ سنجی برابر ۸۳۶۸۳۴۴۰۰۰ و ۲۲۴۲۳۳۰۰۰۰ ریال و در روش HPLC برابر ۴۰۳۵۸۴۸۰۰۰ و ۱۲۰۷۵۴۴۰۰۰ ریال محاسبه شد. بنابراین روش HPLC اقتصادی‌تر بوده و پیشنهاد می‌گردد در اندازه‌گیری نیترات فرآورده‌های گوشتی در آزمایشگاه‌های نظارت بر سلامت مواد غذایی از این روش استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: نیترات، رنگ سنجی، HPLC، ارزیابی اقتصادی

مقدمه

نیترات یکی از سم‌های موجود در مواد غذایی می‌باشد که می‌تواند از طریق غیرمستقیم مثل کوددهی گیاهان با کودهای نیتروژنه و یا به صورت مستقیم از طریق اضافه کردن به محصولات گوشتی به عنوان طعم‌دهنده استفاده شود (Hosseini Darani *et al.*, 2013)؛ بابایی و همکاران، ۱۳۹۰). نیترات همچنین می‌تواند با آمین‌های موجود در بدن واکنش داده و باعث تولید ترکیبات سرطان‌زای نیتروزامین گردد و یا به نیتريت احیا شود. در نتیجه حضور بالای نیتريت در خون با آهن (III) هموگلوبین واکنش داده و تولید مت‌هموگلوبین می‌دهد. فرم جدید هموگلوبین توانایی حمل اکسیژن را ندارد، این بیماری کشنده را مت‌هموگلوبین می‌نامند. بنابراین مقدار بالای آن در غذا و آب خطرناک می‌باشد (Jeffrey *et al.*, 2012). مطالعات حیوانی نیز مدارک معتبری را دال بر سرطان‌زایی ترکیبات ان-نیتروزامین (N - nitrosamine) در گونه‌های مختلف حیوانی و اندام‌های مختلف مانند کولون، معده، پانکراس و ریه ارائه کرده‌اند (Howe *et al.*, 1996; Anderson *et al.*, 1996; Karimzadeh, 2010).

امروزه روش‌های زیادی به منظور سنجش دقیق نیترات و نیتريت برای تأمین سلامت عمومی به کار می‌روند. برخی از این روش‌ها قدیمی و برخی دیگر جدید می‌باشند. از قبیل کینیتیک، کروماتوگرافی، پتانسیومتری، آمپرومتری، تزریق جریان، اسپکتروفتومتری و... وجود دارند (Wang *et al.*, 1995; Vlascici *et al.*, 2003; Hurst *et al.*, 1997; Zatar *et al.*, 1999; Reszka, 1997). اندازه‌گیری نیترات/نیتريت اغلب مشکل است و در این سال‌ها

تلاش‌های زیادی برای ارائه روش‌های مختلف و آسان صورت گرفته است (Cassens, 1995). یکی از روش‌های استاندارد رایج در اندازه‌گیری نیترات روش رنگ سنجی می‌باشد. در این روش نیترات به صورت یون NO_3^- قابل اندازه‌گیری نیست بلکه باید به یون نیتريت احیاء شود که این کار توسط ستون کادمیوم صورت می‌گیرد. همچنین شرایط آزمایشگاهی از قبیل pH، دما که بر شدت رنگ مؤثر هستند بایستی کنترل شوند (Zanardi *et al.*, 2002).

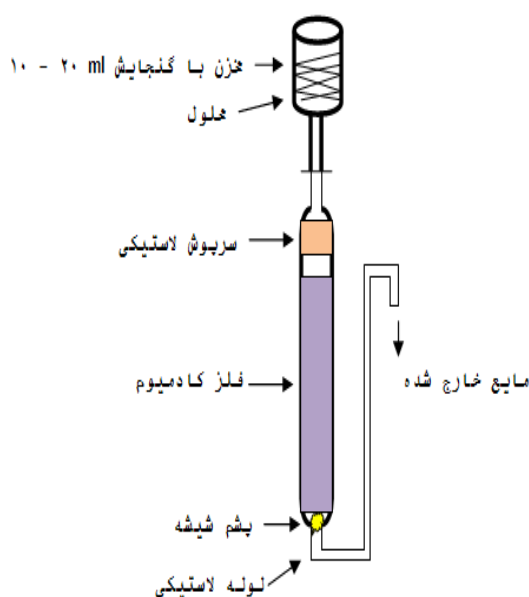
یکی دیگر از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری نیترات، روش (High pressure liquid chromatography) HPLC می‌باشد. از مزایای این روش این است که نیتريت و نیترات را می‌توان به صورت همزمان اندازه‌گیری کرد. همچنین از این نظر که از رنگ سنجی سریعتر است بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Oztekin *et al.*, 2002; Dennis *et al.*, 1990).

در حال حاضر در بسیاری از کشورها روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری نیترات گوشت و فرآورده‌های آن استفاده می‌شوند که بنا به تکنولوژی موجود، سرعت و دقت مورد نیاز متفاوت می‌باشند. در سال ۱۹۹۰ Dennis و همکاران از ترکیب HPLC/UV، در سال ۱۹۹۹ زتر و همکارانش از روش اسپکتروفتومتر با استفاده از کمپلکس فسفو مولیبدنیوم و در سال ۲۰۰۲ اوزتکین و همکاران از روش الکتروفوریز برای تعیین نیترات گوشت و فرآورده‌های آن استفاده کردند (Dennis *et al.*, 1990; Cassens, 1995; Zatar *et al.*, 1999). در ایران غالباً از روش‌های رنگ سنجی، آنزیمی و HPLC استفاده می‌شود. این روش‌ها هر چند از نظر سرعت، دقت، کاهش مراحل آزمایش و نوع ماده

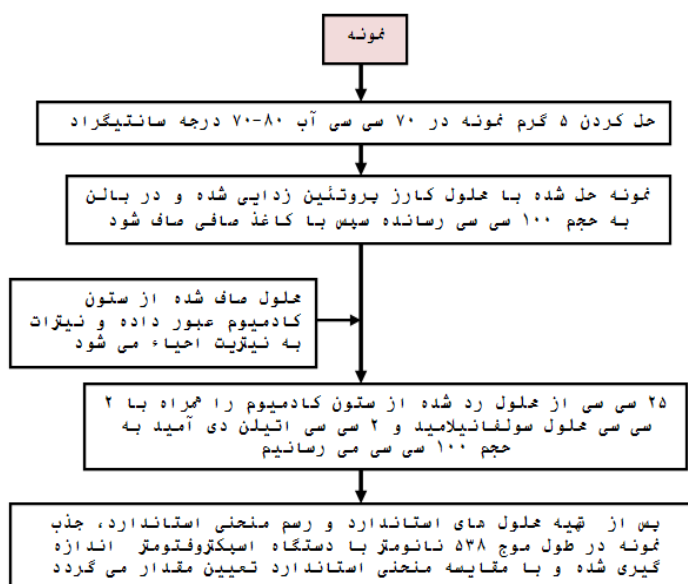
مواد و روش‌ها

در این مطالعه روش رنگ سنجی با روش HPLC طبق استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۸ (مؤسسه استاندارد ملی ایران، شماره ۹۸۸) در اندازه‌گیری نیترات فرآورده‌های گوشتی مقایسه شده و مقادیر مصرف سالانه واکنش‌گرهای بکار رفته در دو روش با توجه به اینکه استان کرمانشاه دارای ۴۰ کارخانه فرآورده‌های گوشتی می‌باشد و آزمایشگاه معاونت غذا و داروی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه هفته‌ای ۱۰ نمونه برای تعیین نیترات فرآورده‌ها و مطابقت آن با استانداردهای موجود اندازه‌گیری می‌کند، محاسبه شده است.

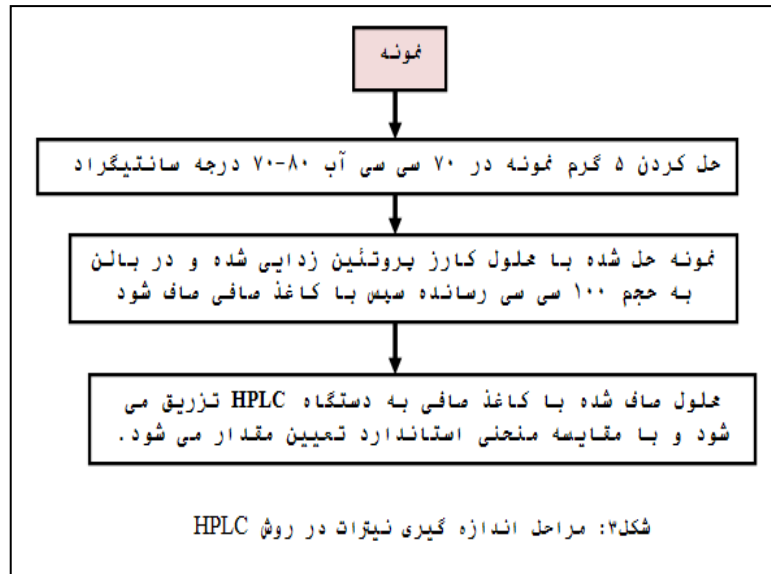
مصرفی با هم‌دیگر مقایسه شده‌اند (Zanardi et al., 2002)، اما از نظر اقتصادی تاکنون مقایسه‌ای بین روش‌های استاندارد اندازه‌گیری نیترات، صورت نگرفته است. بنابراین اندازه‌گیری دقیق، سریع، سهولت انجام و افزایش تعداد آزمایشات برای بررسی مستمر فرآورده‌های گوشتی، مستلزم هزینه‌های اقتصادی زیادی برای دستگاه‌های نظارتی (اداره استاندارد و معاونت غذا و دارو) می‌باشد، لذا بررسی اقتصادی این روش‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد.



شکل ۴: ستون کادمیوم احیاء نیترات به نیترات



شکل ۵: مراحل اندازه‌گیری نیترات در روش رنگ سنجی (Colorimetric)



برابر فرض شده‌اند (هر کدام ۲۰ سال)، لذا محاسبه ارزش فعلی ساده‌ترین حالت خود را دارد. همچنین در مقایسه اقتصادی به روش ارزش فعلی روشی (پروژه‌ای) که دارای ارزش فعلی خالص بیشتری باشد اقتصادی‌ترین خواهد بود.

در اینجا چون درآمدی کسب نمی‌شود، مقدار NPV در دو روش بر اساس هزینه‌ها تعیین می‌شود. لذا برای محاسبه ارزش فعلی هزینه‌ها از رابطه (۲) استفاده گردید:

در این مطالعه جهت مقایسه کل هزینه‌ها از فرمول Net Present Value (NPV) که در زیر ارائه شده است استفاده گردید.

$$NPV = PVB - PVC \quad (۱)$$

$$NPV = \text{ارزش خالص فعلی}$$

$$PVB = \text{ارزش فعلی درآمدها}$$

$$PVC = \text{ارزش فعلی هزینه‌ها}$$

محاسبه ارزش فعلی یک روش، تبدیل ارزش آینده کلیه هزینه‌ها و درآمدها به ارزش فعلی در زمان حال می‌باشد. در این مطالعه با توجه به اینکه عمر دستگاه‌ها

$$NPV = \boxed{\text{هزینه سرمایه‌گذاری اولیه}} + \boxed{(P/A, i\%, n) \text{ هزینه‌های سالیانه}} + \boxed{(P/F, i\%, n) \text{ هزینه‌های ۵ و ۲۰ سال}} \quad (۲)$$

در این معادله:

NPV: ارزش فعلی هزینه‌ها

(P/A): فاکتور ارزش فعلی سری یکنواخت، فرمول آن

بصورت زیر می‌باشد:

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

در فرمول فوق فاکتور $\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$ (فاکتور ارزش

فعلی سری یکنواخت) نامیده می‌شود و مقدار ارزش

فعلی یک سری یکنواخت درآمد یا هزینه مساوی که در

شیشه‌ای) ۵ ساله فرض شده است. لازم به ذکر است که قیمت هر دستگاه به ازای ۲۰ سال کارکرد است و با توجه اینکه در هفته ۱۰ بار آزمایش انجام می‌شود، بنابراین می‌توان گفت که در این ۲۰ سال حداقل ۱۰۴۰۰ آزمایش انجام می‌پذیرد.

یافته‌ها

در جدول شماره ۱ مقدار و قیمت مواد مصرفی، در جدول شماره ۲ هزینه پرسنل، در جدول شماره ۳ هزینه تجهیزات و وسایل غیرمصرفی با عمر ۵ سال، جدول شماره ۴ هزینه تجهیزات و وسایل غیرمصرفی با عمر ۲۰ سال، جدول شماره ۵ هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، جدول شماره ۶ هزینه‌های کل و در جدول ۷ ارزش فعلی در نرخ بهره‌های مختلف از ۴ تا ۳۰٪ آورده شده است. لازم به ذکر است در جدول شماره ۲ زمان‌های ذکر شده مربوط به زمان بکار رفته برای اندازه‌گیری نیترات در یک نمونه می‌باشد و حقوق ماهیانه یک کارشناس آزمایشگاه ۷۰۰۰۰۰۰ ریال فرض شده است.

پایان هر دوره اتفاق می‌افتد را با نرخ بهره (i) تعیین می‌کند.

(P/F): فاکتور ارزش فعلی یکبار پرداخت

به طور کلی رابطه زیر بین F (ارزش آینده یا اصل و فرع) و P (مبلغ) وجود دارد.

$$F = P(1+i)^n$$

فاکتور $(1+i)^n$ به نام (فاکتور یکبار پرداخت) معروف است. از فرمول فوق می‌توان نتیجه گرفت که

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

(فاکتور ارزش فعلی یکبار پرداخت) می‌باشد.

i: نرخ بهره

n: دوره (سال)

محاسبه هزینه‌های مواد به صورت پیش‌فاکتور و به قیمت روز است. محاسبات با استفاده از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ و نرخ بهره محاسباتی از ۴ تا ۳۰ درصد انتخاب شد. هزینه سرمایه‌گذاری اولیه از مجموع هزینه مورد نیاز مواد مصرفی سالیانه، هزینه تجهیزات غیرمصرفی ۵ و ۲۰ ساله محاسبه گردید. عمر مفید دستگاه‌ها نظیر اسپکتروفتومتر، HPLC، بهم‌زن مکانیکی و سمپلر ۲۰ ساله و وسایل غیرمصرفی (ظروف

جدول ۱- میزان و قیمت مواد مصرفی سالیانه در دو روش

ماده مصرفی	روش رنگ سنجی	روش HPLC	واحد	قیمت هر واحد (ریال)	قیمت سالانه (ریال)	
					روش رنگ سنجی	روش HPLC
فروسیانات پتاسیم	۱۰۴	۱۰۴	گرم	۸۴۰	۸۷۳۶۰	۸۷۳۶۰
استات روی	۲۰۸	۲۰۸	گرم	۷۴۰	۱۵۳۹۲۰	۱۵۳۹۲۰
آب مقطر	۴۳۶/۸	۱۵۶	لیتر	۱۰۰۰۰	۴۳۶۸۰۰۰	۱۵۶۰۰۰۰
آب HPLC Grade	-	۱۳۰۰۰	میلی لیتر	۱۷۵	-	۲۲۷۵۰۰۰
سولفانیلامید	۱۰۴۰۰۰	-	میلی گرم	۱۸	۱۸۷۲۰۰۰	-
نفتیلاتیلن دی آمین	۱۰۴۰۰	-	میلی گرم	۱۶۰	۱۶۶۴۰۰۰	-

ادامه جدول ۱

ماده مصرفی	روش رنگ سنجی	روش HPLC	واحد	قیمت هر واحد (ریال)	قیمت سالانه (ریال)	
					روش رنگ سنجی	روش HPLC
متانول	-	۱۳۰۰۰	میلی لیتر	۱۰۸	-	۱۴۰۴۰۰۰
بافر فسفات	-	۷۸۰۰	میلی لیتر	۱۶	-	۱۲۴۸۰۰
کادمیوم ستون احیاء نیترات	۳۷	-	گرم	۱۱۲۵۰	۴۱۶۲۵۰	-
مفتول روی	۳۹۰۰	-	گرم	۱۳۰۰	۵۰۷۰۰۰۰	-
نیترات سدیم	۵۲	-	گرم	۴۲۰۰	۲۱۸۴۰۰	-
اسید استیک گلاسیال	۲۲۳۶۰	۱۵۶۰	میلی لیتر	۱۳۰۰	۲۹۰۶۸۰۰۰	۲۰۲۸۰۰۰
اسید کلردریک	۲۲۲۵۶	-	میلی لیتر	۷۷۰۰	۱۷۱۳۷۱۲۰۰	-
کل					۲۱۴۲۸۹۱۳۰	۷۶۳۳۰۸۰

جدول ۲- هزینه پرسنل در دو روش اسپکتروفتومتر و HPLC

روش	زمان بکار رفته (دقیقه)	هزینه هر دقیقه به ازای هر ماه (۱۴۴ ساعت کار (ریال))	هزینه سالانه (ریال) به ازای هر سال ۱۰۴۰۰ بار آزمایش
اسپکتروفتومتر	۴۵	۸۱۰	۳۷۹۰۸۰۰۰۰
HPLC	۳۰	۸۱۰	۲۵۲۷۲۰۰۰۰

جدول ۳- هزینه وسایل و تجهیزات غیر مصرفی با عمر ۵ سال

وسایل مورد نیاز	روش رنگ سنجی		روش HPLC	
	تعداد	قیمت واحد	تعداد	قیمت واحد
بالن ژوزه ۱۰۰۰	۵	۸۷۰۰۰	۵	۸۷۰۰۰
بالن ژوزه ۲۰۰	۱	۴۵۰۰۰	-	-
بالن ژوزه ۱۰۰	۱۵	۳۰۰۰۰	۱۵	۳۰۰۰۰
پیپت ۱	۵	۸۸۰۰	۵	۸۸۰۰
پیپت ۵	۵	۱۱۸۰۰	۵	۱۱۸۰۰
پیپت ۱۰	۵	۱۲۹۰۰	۵	۱۲۹۰۰
پیپت ۲۰	۵	۲۴۹۰۰	۵	۲۴۹۰۰
پیپت ۲۵	۵	۲۷۸۰۰	۵	۲۷۸۰۰
بشر ۲۵۰	۲	۱۶۰۰۰	۲	۱۶۰۰۰
کاغذ پالایش*	۴	۵۰۰	۴	۲۵۰۰
لوله های آزمایش	۲۰	۲۵۰۰	-	-
جمع کل		۱۴۴۵۰۰۰		۱۳۵۸۰۰۰

* جنس و کیفیت کاغذ پالایش در روش HPLC با روش رنگ سنجی متفاوت است.

جدول ۴- هزینه تجهیزات و وسایل غیر مصرفی با عمر ۲۰ سال در روش‌های اسپکتروفتومتر و HPLC

روش HPLC		روش رنگ سنجی		وسایل مورد نیاز
قیمت واحد	تعداد	قیمت واحد	تعداد	
-	-	۴۵۰۰۰۰۰۰	۱	اسپکتروفتومتر
۳۲۰۰۰۰۰۰۰	۱	-	-	HPLC
۸۰۰۰۰۰۰	۱	۸۰۰۰۰۰۰	۱	سمپلر
۵۴۰۰۰۰۰	۱	۵۴۰۰۰۰۰	۱	بهم زن مکانیکی
۳۳۳۴۰۰۰۰۰		۵۸۴۰۰۰۰۰		جمع کل

جدول ۵- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه

روش HPLC	روش رنگ سنجی	
۷۶۳۳۰۸۰	۲۱۴۰۰۰۰۰۰	مواد مصرفی مورد نیاز یکسال
۱۳۵۸۰۰۰	۱۴۴۵۰۰۰	وسایل و تجهیزات غیر مصرفی با عمر ۵ سال
۳۳۳۴۰۰۰۰۰	۵۸۴۰۰۰۰۰	وسایل و تجهیزات غیر مصرفی با عمر ۲۰ سال
۳۴۲۰۰۰۰۰۰	۲۷۴۰۰۰۰۰۰	جمع کل

جدول ۶- هزینه‌های کل در دو روش اسپکتروفتومتر و HPLC

روش HPLC	روش رنگ سنجی	هزینه‌ها
۳۴۲۰۰۰۰۰۰	۲۷۴۰۰۰۰۰۰	سرمایه‌گذاری اولیه
۳۳۳۴۰۰۰۰۰	۵۸۴۰۰۰۰۰	وسایل غیر مصرفی با عمر ۲۰ سال
۱۳۵۸۰۰۰	۱۴۴۵۰۰۰	وسایل غیر مصرفی با عمر ۵ سال
۲۵۲۷۲۰۰۰۰	۳۷۹۰۸۰۰۰۰	سالیانه پرسنل
۷۶۳۳۰۸۰	۲۱۴۲۸۹۱۳۰	مواد به صورت سالیانه
۲۰	۲۰	مدت اجرای پروژه (سال)

جدول ۷- میزان ارزش فعلی هزینه‌ها (NPV) در نرخ‌های بهره مختلف در مدت ۲۰ سال

NPV		نرخ بهره
روش HPLC	روش رنگ سنجی	
۴۰۳۵۸۴۸۰۰۰	۸۳۶۸۳۴۴۰۰۰	٪۴
۳۷۱۵۲۶۷۰۰۰	۷۶۹۳۸۹۵۰۰۰	٪۵
۳۴۳۴۹۴۱۰۰۰	۷۱۰۱۰۳۴۰۰۰	٪۶
۳۱۸۸۸۳۳۰۰۰	۶۵۷۷۹۰۵۰۰۰	٪۷
۲۹۷۱۹۵۹۰۰۰	۶۱۱۴۷۰۲۰۰۰	٪۸
۲۷۸۰۱۸۳۰۰۰	۵۷۰۳۱۹۳۰۰۰	٪۹
۲۶۰۹۹۷۹۰۰۰	۵۳۳۶۴۱۰۰۰۰	٪۱۰
۲۳۲۲۸۷۸۰۰۰	۴۷۱۳۹۲۶۰۰۰	٪۱۲
۱۹۹۳۲۶۰۰۰۰	۳۹۹۲۹۸۵۰۰۰	٪۱۵
۱۷۴۸۷۷۷۰۰۰	۳۴۵۳۳۴۰۰۰۰	٪۱۸
۱۶۱۹۵۵۰۰۰۰	۳۱۶۵۹۱۱۰۰۰	٪۲۰
۱۳۷۵۸۹۸۰۰۰	۲۶۲۱۴۹۰۰۰۰	٪۲۵
۱۲۰۷۵۴۴۰۰۰	۲۲۴۲۳۳۰۰۰۰	٪۳۰

بحث و نتیجه‌گیری

روش رنگ سنجی ۱/۵ برابر روش HPLC می‌باشد، هرچند مقایسه هزینه‌های مواد غیرمصرفی در روش HPLC، ۵/۶ برابر بیشتر از روش رنگ سنجی می‌باشد که آن نیز مربوط به خرید اولیه دستگاه HPLC می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از روش NPV (ارزش فعلی خالص هزینه‌ها) مشاهده شد که روش HPLC اقتصادی‌تر است به طوری که میزان NPV (ارزش فعلی خالص هزینه‌ها) در حداقل و حداکثر نرخ بهره در نظر گرفته شده (۴ و ۳۰٪) در روش رنگ سنجی برابر ۸۳۶۸۳۴۴۰۰۰ و ۲۲۴۲۳۳۰۰۰۰ ریال و در روش HPLC برابر ۴۰۳۵۸۴۸۰۰۰ و ۱۲۰۷۵۴۴۰۰۰ ریال به

نتایج نشان می‌دهد علی‌رغم اینکه هزینه سرمایه‌گذاری اولیه در روش HPLC قریب ۱/۲۵ برابر روش رنگ سنجی می‌باشد (به دلیل هزینه خرید اولیه دستگاه) اما چون مراحل انجام آزمایش، میزان مواد مصرفی سالانه روش HPLC از روش رنگ سنجی کمتر می‌باشد (۲۸ برابر)، از همین رو موجب صرفه‌جویی در زمان و کاهش هزینه‌ها می‌گردد، به طوری که یکی از عمده‌ترین عوامل تفاوت چشمگیر هزینه مواد مصرفی سالیانه می‌باشد. این مطالعه نشان می‌دهد که زمان مورد نیاز و همچنین هزینه پرسنلی در

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه پرسنل آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه تشکر و قدردانی نمایند.

دست آمد، این نتایج نشان می‌دهد ارزش فعلی هزینه‌ها در روش رنگ سنجی حدود ۲ برابر روش HPLC می‌باشد.

منابع

- بابایی، زین العابدین؛ باقری، غلامعلی؛ صالحی‌فر، ابراهیم؛ جوادیان، بهزاد و کریم‌زاده، لاله (۱۳۹۰). اندازه‌گیری باقی‌مانده نیترات و نیتريت سدیم در فرآورده‌های گوشتی تولیدی بعضی از شهرهای استان مازندران در نیمه دوم سال ۱۳۸۷. مجله علوم پزشکی مازندران، جلد ۲۱، شماره ۱، صفحات: ۲۳۳-۲۲۸.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تعیین نیترات محتوی در گوشت و فرآورده‌های آن. (۱۳۸۱). چاپ اول، شماره ۹۸۸.
- Anderson, K.E., Potter, J.D. and Mack, T.M. (1996). Pancreatic cancer. In: Schottenfeld D, Fraumeni JF, eds. Cancer epidemiology and prevention. New York: Oxford University, 725-771.
- Cassens, R. (1995). Use of sodium nitrite in cured meats today. Food Technology, 49: 72-80.
- Dennis, M.J., Key, P.E., Pap worth, T., Pointer, M. and Massey, R.C. (1990). The determination of nitrate and nitrite in cured meat by HPLC/UV. Food Additives and Contaminants, 7: 455-461.
- Howe, G.R. and Burch, J.D. (1996). Nutrition and pancreatic cancer. Cancer Causes Control, 7: 69-82.
- Hurst, J.K. and Lumar, S.V. (1997). Chemistry Research Toxicology, 10: 804-809.
- Hosseini Darani, F., Zeinali, H., Shirani Rad, A.H., Khourgami, A. and Nasrollahi, H. (2013). Effect of planting date and nitrogen fertilizer on two varieties (inner and outer) of spinach Annals of Biological Research, 4 (2): 56-59.
- Jeffrey, J., Andrew S. and Milkowski, L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. Journal of Nitric Oxide, 26: 259-266.
- Karimzadeh, L., Koohdani, F., Mahmodi, M., Safari, F. and Babae, Z. (2010). Determination of Nitrate and Nitrite Residues in Smoked Caspian Kutum, Rutilus frisii kutum and Mullet, Liza auratus in the North of Iran. World Journal of Fish and Marine Sciences, 2(1): 62-65.
- Oztekin, N., Said Nutku, M. and BediaErim, F. (2002) Simultaneous determination of nitrite and nitrate in meat products and vegetables by capillary electrophoresis. Food Chemistry, 76: 103-106.
- Reszka, K.J., Matuszak, Z. and Chignell, C.F. (1997). Lactoperoxidase-catalyzed oxidation of the anticancer agent mitoxantrone by nitrogen dioxide (NO₂•) radicals. Chemistry Research Toxicology, 2: 1325-1330.
- Vlascici, D., Bizerea, O., Fagadar-Cosma, E., Brumar, C. and Papoe, G. (2003). Comparative Study For Determination of Nitrate in Meat Products, 7th International Symposium Interdisciplinary Regional Research-ISIRR 2003 HUNGARY-YUGOSLAVIA – ROMANIA, Hunedoara, Romania 25th - 26th, September, 2003, CD-book, Symposium IV- Lucrarea, 0415: 383-388.
- Wang, C.J., Huang, H.P., Tseng, T.H., Lin, Y.L. and Shio, S.J. (1995). Arch Toxicol, 70: 5-10.
- Zanardi, E., Dazzi, G., Madarena, G. and Chizzolini, R. (2002). Comparative study on nitrate and nitrite ions determination. Annali della Facolta Medicina, 8: 79-86.
- Zatar, N.A., Abu-Eid, M.A. and Eid, A.F. (1999). Spectrophotometric determination of nitrite and nitrate using phosphomolybdenum blue complex. Talanta, 50(4): 819-826.

Comparison of calorimetric and HPLC methods in measuring nitrate content of meat products: An economic evaluation

Moradi, M.¹, SHarafi, K.², Delangizan, S.^{*3}, Jamshidpoor, S.⁴

1- Ms.c of Environmental Health Engineering and Member of Environmental Epidemiological Research Center, Kermanshah University of Medical Sciences, Ph.D Student of Environmental Health Engineering, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2- Instructor of Environmental Health Engineering, Kermanshah University of Medical Sciences, Ph.D Student of Environmental Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3- Assistant professor of Economy, Social Science Department of Razi University, Kermanshah, Iran.

4- Ms.c of Food Technology, Laboratory of Food and Drug Assistance, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.

*Corresponding author email: sohrabdelangizan@gmail.com

(Received: 2013/7/3 Accepted: 2014/6/22)

Abstract

Nitrate is a flavors compound, color stabilizer and growth inhibitor of anaerobic microorganisms in meat products. High concentration of nitrate in food can cause methaemoglobinaemia and is recognized as carcinogenic. Therefore, accurate determination of nitrate is crucial to ensure consumers' health. Regularly, nitrate is estimated by colorimetric and HPLC methods. In measurement of nitrate, the efficiency, accuracy, speed and amount of material are important from economical point of view. In this study, the cost of initial investment, staff, consumable material and equipments used by the two methods were calculated and finally Net Present Value (NPV) was estimated for each of them. The rate of interest was considered from 4 until 30%. According to the results the amount of initial investment, annual cost of staff and consumable materials for colorimetric method were determined as 274000000, 379080000 and 214289130 Rials, respectively. These costs for HPLC method were 342000000, 252720000 and 7633080 Rials, respectively. NPV in minimum and maximum rates of interest (4 and 30%) for colorimetric method were 8368344000 and 2242330000 Rials and for HPLC method were estimated at 4035848000 and 1207544000 Rials. As a consequence, HPLC is more economical and could be recommended for the routine measurement of nitrate in of food safety laboratories.

Key words: Nitrate, Colorimetry, HPLC, Economical evaluation, Meat products