

# اندازه گیری میزان نیتروژن در نفت خام و فراورده‌های نفتی پالایشگاه اصفهان با استفاده از سه روش تیتراسیون مستقیم، تیتراسیون pH متری و نسلر و مقایسه نتیجه‌های آنها

مسعود کیخوائی\*<sup>+</sup>، ماشالله رحمانی

گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

محسن مرادمند

آزمایشگاه مرکزی، پالایشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

مجتبی صدرارحامی

گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

**چکیده:** در این پژوهش، اندازه گیری نیتروژن با سه روش در فرآورده‌های نفتی و نفت خام خوراک ورودی پالایشگاه اصفهان انجام شد و نتیجه‌های به دست آمده با یکدیگر مقایسه شدند. در روش نخست (تیتراسیون pH متری) نیتروژن نمونه‌ها پس از هضم و تقطیر توسط دستگاه میکروکجلدال، توسط تیتراسیون pH متری اندازه گیری شد. در روش دوم (روش نسلر)، نیتروژن نمونه‌ها پس از تقطیر میکروکجلدال، با دستگاه اسپکتروفوتومتر و در حضور معرف نسلر اندازه گیری شد و در روش سوم (اندازه گیری توسط تیتراسیون مستقیم) پس از انجام میکروکجلدال، تیتراسیون با سولفوریک اسید در حضور شناساگر متیل سرخ، انجام شد. پیش از اندازه گیری نیتروژن در برش‌های نفتی سبک، استخراج توسط روش استخراج مایع-مایع با سولفوریک اسید غلیظ در یک کیف جدا کننده انجام می‌گرفت. نتیجه آماری جواب‌های تجزیه‌های مگرر با هر سه روش نشان داد که از نظر درستی اندازه گیری، هر سه روش یاد شده دارای درستی یکسانی می‌باشند و زمان صرف شده برای تجزیه با روش تیتراسیون مستقیم از همه بیش‌تر و روش نسلر کوتاه‌تر است؛ اما پیچیدگی روش نسلر از روش‌های تیتراسیون بیش‌تر است. مقدار نیتروژن نفت در خوراک ورودی با توجه به روش نسلر بین ۱/۳-۱/۰ گرم بر لیتر بود و این مقدار در فرآورده‌های نفتی بین ۴۳۰/۰ - ۰/۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود که در بازه‌ی استاندارد جهانی می‌باشد. در پایان، نتیجه آماری جواب‌ها نشان داد که روش اندازه گیری تیتراسیون pH متری روشی مناسب برای چنین اندازه گیری‌ها است و دارای دقت قابل پذیرشی نیز می‌باشد. سپس روش رنگ سنجی نسلر جواب قابل پذیرشی برای نمونه‌های با نیتروژن کم‌تر دارد ولی دقت روش پایین است و در سرانجام تیتراسیون مستقیم قرار می‌گیرد که دقت آن از دو روش دیگر کم‌تر است.

**واژه‌های کلیدی:** اندازه گیری نیتروژن؛ میکروکجلدال؛ ترکیب‌های نفتی؛ نسلر؛ تیتراسیون.

**KEYWORDS:** Nitrogen assay; Micro-kjeldahl; Oil Compounds; Nessler; Titration.

+E-mail: kaykhai@chem.usb.ac.ir

\*عقد دار مکاتبات

## مقدمه

نیتروزن در بدن همه موجودهای زنده و در بسیاری از مواد صنعتی، کشاورزی و شیمیایی یافت می‌شود. به عنوان نمونه، این عنصر در اسیدهای آمینه، مواد غذایی، نفت، پروتئین‌ها، داروهای سنتزی، کودهای شیمیایی، مواد منفجره، خاک، آب آشامیدنی و رنگ‌ها موجود می‌باشد. اندازه‌گیری نیتروزن در نفت و فراورده‌های نفتی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. یکی از اهمیت‌های بسیار مهم آن آلودگی زیست محیطی و ورود آن به هوا و آب می‌باشد که خطرهای زیان‌باری را به همراه دارد [۱]. دیگر اهمیت بیش‌تر اندازه‌گیری نیتروزن، خوردگی می‌باشد که در لوله‌های انتقال و حمل و نقل ایجاد می‌کند. برای جلوگیری از آلودگی هوا و آب و خوردگی در انتقال نفت و فراورده‌های نفتی نیاز به اندازه‌گیری مقدار دقیق نیتروزن می‌باشد [۲]. به همین دلیل است که روش‌های تجزیه‌ای برای تعیین مقدار نیتروزن به ویژه در مواد آلیاژ اهمیت خاصی برخوردارند. برای تعیین مقدار نیتروزن می‌توان از روش‌های کج‌جلال [۳]، دوما [۴]، روش نورتابی شیمیایی [۵] و در همان حال از روش‌های تیتراسیون و نسلر استفاده نمود.

روش اصلی کج‌جلال طی استفاده‌های چندباره و همچنین با توجه به تحول‌های زیست محیطی و شخصی و همچنین جنبه‌های ایمنی، افزایش سرعت و تطبیق پذیری روش بهبود یافته است. روش کج‌جلال دارای سه مرحله گوناگون، هضم، تقطیر و تیتراسیون است. از این مرحله‌ها، مرحله هضم اولیه، مهم‌ترین و پیچیده‌ترین مرحله است. روش کج‌جلال روشی مناسب و در حال پیشرفت و نیاز واقعی برای آزمایشگاه‌های خاص است. به عنوان نمونه، به دلیل طیف گسترده‌ای از آزمایش‌های مورد نیاز، دستگاه کج‌جلال می‌تواند مقدار زیادی از نمونه‌ها را در برگرد همچنین این روش بسیار مطلوب و بهینه می‌باشد. این روش نیازی به اپراتور ماهر ندارد همچنین این روش با دقت دلخواه و رضایت بخش با مدت زمان معقول می‌باشد. برای ساده‌تر شدن روش استاندارد کج‌جلال، روش کج‌جلال فوس ارائه شد که این روش نیز کارآمد و ساده برای به تقریب همه نوع نمونه است [۶]. تعیین مقدار نیتروزن به وسیله کج‌جلال در مواد غذایی مانند نوشابه، گوشت، خوراک، دانه و همچنین پساب، خاک، نفت و بسیاری از نمونه‌ها انجام می‌شود [۷].

نیتروزن به روش‌های دیگری از جمله لومینسانس شیمیایی و سیال فوق بحرانی اندازه‌گیری شده است. هر کدام از این روش‌ها

برتری‌ها و عیب‌هایی دارد که بهترین آن‌ها تابناکی شیمیایی است که هیچ‌گونه اسیدی در آن استفاده نمی‌شود [۸]. در روش لومینسانس شیمیایی، نمونه هیدروکربن بر روی یک قایق نمونه در دمای اتاق قرار داده می‌شود. سپس نمونه و قایق در یک لوله احتراقی پیشرفته و در دمای بالا قرار می‌گیرد که طی این عمل نیتروزن، اکسید می‌شود. در این زمان نیتروزن اکسید تهیج می‌شود و نور تابیده شده از آن توسط آشکارساز تکثیر کننده نور خلاء شناسایی می‌شود. پس از آن سیگنال اندازه‌گیری می‌شود. روش لومینسانس برای آزمایشگاه‌های مجهز کاربرد زیادی دارد و از حساسیت خوبی برخوردار است [۹]. متداول‌ترین روش برای تعیین مقدار نیتروزن در مواد آلی که بر اساس تیتراسیون‌های خنثی شدن استوار است، روش کج‌جلال می‌باشد. از پرتو فرسرخ نیز برای تعیین میزان نیتروزن استفاده می‌شود اما هنوز هم برسنجی این روش‌ها بر اساس روش کج‌جلال صورت می‌گیرد. روش کج‌جلال، روش استاندارد و پذیرفته شده برای اندازه‌گیری نیتروزن موجود در پروتئین گوشت، غلات و سایر مواد زیستی است. پروتئین‌ها به تقریب دارای درصد یکسانی از نیتروزن هستند [۱۰]. روش تجزیه نیتروزن کل کج‌جلال برای تعیین هر دو نیتروزن آلی و معدنی قابل استفاده است. این روش شامل، استخراج توسط سولفوریک اسید غلیظ و هضم اولیه برای تبدیل نیتروزن آلی به آمونیاک و سپس تقطیر کل آمونیاک جذب شده با افزودن سدیم هیدروکسید و آب مقطر به محلول اسید بوریک است. پس از آن اندازه‌گیری آمونیاک به روش مناسب از جمله pH متری یا روش تیتراسیون و یا رنگ سنجی می‌باشد [۱۱، ۱۲]. روش رنگ سنجی نسلر نیز فناوری دیگری است که برای تعیین نیتروزن استفاده می‌شود. در این روش از معرف نسلر استفاده می‌شود که با افزودن این معرف به نمونه تقطیر شده توسط دستگاه کج‌جلال، یک رنگ در بازه‌ی زرد کم‌رنگ تا رنگ قهوه‌ای بسته به میزان آمونیاک تولید می‌شود. در صورتی که رنگ زرد کم رنگ ایجاد شود، سطح نیتروزن آمونیاک در یک نمونه ۵۰ میلی لیتری ۲۰ میلی گرم بر لیتر است. اندازه‌گیری در صد عبور نور از نمونه توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در مقایسه با نمونه شاهد (آب مقطر و معرف نسلر) در طول موج انتخاب شده صورت می‌پذیرد [۱۳، ۱۴]. از آنجا که طول موج مورد استفاده وابسته به غلظت آمونیاک است، طول موج بیشینه بایستی به صورت تجربی تعیین شود و پس از آن برای استانداردها و نمونه ثابت باقی می‌ماند.

(۱) Luminescence

در دستگاه تقطیر خودکار با بخار آب، سه مخزن تعبیه شده است: مخزن آب مقطر، مخزن سدیم هیدروکسید ۵۰٪ وزنی - حجمی، مخزن اسید بوریک ۴۰٪ وزنی - وزنی. وقتی دستگاه با آب مقطر، به طور کامل شستشو شد، فلاسک کج‌دال دارای محلول هضم شده در جای ویژه گذاشته شده و تقطیر آغاز می‌شود. سپس ۶۰ میلی لیتر سدیم هیدروکسید و ۷۰ میلی لیتر آب مقطر به فلاسک کج‌دال افزوده شد و در همین زمان نیز ۶۰ میلی‌لیتر بوریک اسید به ظرف خروجی کندانسور افزوده شد. بوریک اسید برای به دام انداختن آمونیاک استفاده می‌شود که با آمونیاک کمپلکس آمونیوم بورات می‌دهد. سپس تقطیر به مدت ۲۰۰ ثانیه انجام شده و حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی لیتر محلول دارای آمونیاک جمع آوری می‌شود.

پس از آن که محلول تقطیر شده آمونیاک در بوریک اسید جمع آوری شد، به آرامی و با احتیاط لازم اسید سولفوریک ۰/۰۵ نرمال به محلول آمونیاکی افزوده می‌شد تا pH به ۴ برسد. میلی لیتر مصرفی سولفوریک اسید برای محاسبه‌های بعدی تعیین مقدار نیتروژن در نمونه نفتی یادداشت شد.

#### ب) اندازه گیری با روش تیتراسیون مستقیم

روش تیتراسیون برای تعیین نیتروژن آمونیاکی را می‌توان تنها برای نمونه که توسط تقطیر اولیه کج‌دال انجام شده است، استفاده کرد. در نتیجه مرحله اول این روش، مانند روش pH متری می‌باشد. در این روش، غلظت آمونیاک در محلول هضم و تقطیر شده توسط میکروکج‌دال تا نقطه پایان رنگ زرد توسط سولفوریک اسید ۰/۰۵ نرمال تیتراژ می‌شود. بدین منظور ۱۰۰ میلی لیتر نمونه تقطیر شده توسط میکروکج‌دال در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری جمع آوری شد. به محلول به دست آمده ۵ قطره قرمز متیل افزوده و با سولفوریک اسید ۰/۰۵ نرمال تیتراژ می‌شود. میلی لیتر مصرفی به عنوان نتیجه برای محاسبه‌ها استفاده شد.

#### ب) اندازه گیری با روش نسلر

این روش می‌تواند برای آب‌های نوشیدنی تمیز و پساب‌های پساب بدون رنگ و نفت که کم‌ترین مقدار آمونیاک آن‌ها بیش از ۲۰ میکرو گرم در لیتر باشد استفاده شود [۱۷]. معرف نسلر در یک نمونه بی‌رنگ بسته به میزان وجود آمونیاک رنگ زرد کم‌رنگ تا قهوه ای تولید می‌کند. رنگ زرد کم رنگ در صورتی حضور خواهد داشت که سطح نیتروژن آمونیاک در یک نمونه

روش تیتراسیون برای تعیین نیتروژن آمونیاک را می‌توان تنها برای نمونه‌ای که توسط تقطیر اولیه با دستگاه میکروکج‌دال جذب بوریک اسید به دست آمده است، انجام داد. در این روش، غلظت آمونیوم جذب شده با بوریک اسید که با متیل قرمز به رنگ قرمز در آمده توسط تیرانت اسید سولفوریک تا رنگ زرد تیتراژ می‌شود [۱۵].

روش‌های بیان شده در بالا (تیتراسیون pH متری، نسلر و تیتراسیون مستقیم) در این پژوهش برای اندازه گیری میزان نیتروژن در نفت خام و فراورده‌های نفتی با تلفیقی از روش میکروکج‌دال مورد استفاده قرار گرفته اند و نتیجه‌های به دست آمده با یکدیگر مقایسه شدند. باید توجه داشت که در این پژوهش به جای سامانه کج‌دال معمول، از یک میکروکج‌دال استفاده شده است که برای هضم نمونه‌های کوچک (حدود ۲ میلی لیتر) طراحی شده و در آن از لوله‌های آزمایش ۳۰ تا ۱۰۰ میلی لیتر استفاده می‌شود.

### بخش تجربی

#### مواد و دستگاه‌ها

کلیه مواد شیمیایی در این پژوهش، شامل معرف نسلر، از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. دستگاه اسپکتروفتومتر هاچ مدل DR ۲۸۰۰ ساخت آمریکا بود. دستگاه میکروکج‌دال، بوخی ساخت سوئیس مدل ۴۳۶ مجهز به دستگاه تقطیر مدل ۳۳۹ بود.

#### الف) اندازه گیری به روش تیتراسیون pH متری

##### شرح آزمایش

نخست روش میکروکج‌دال در سه مرحله اصلی انجام شد: نخست نمونه در سولفوریک اسید غلیظ قرار گرفته و پس از افزایش کاتالیست (مخلوط ۲ گرم پتاسیم کربنات و ۱ گرم اکسید جیوه)، برای یک ساعت، در دمای جوش نگه داشته شد. بخارهای به دست آمده از جوشش به بیرون هدایت شدند. نتیجه نهایی، محلول آمونیوم سولفات است [۱۶]. در مرحله بعد، تقطیر انجام شد به این صورت که به مخلوط به دست آمده از هضم، محلول هیدروکسید سدیم ۵۰٪ وزنی - حجمی افزوده شد که سبب تبدیل  $NH_4^+$  به  $NH_3$  شده و آمونیاک به صورت گاز، تقطیر و در بوریک اسید حل شد. برای این عملیات، از یک سیستم خودکار تقطیر با بخار آب به صورت زیر بهره گرفته شد.

جدول ۱- مقایسه نتیجه‌های به‌دست آمده از نمونه‌های مورد آزمایش واحد تقطیر (عددهای درون پرانتز، انحراف استاندارد نسبی برای ۶ بار آزمایش مکرر را بر حسب درصد نشان می‌دهند).

واحد	نمونه نفتی	روش تیتراسیون مستقیم	روش نسلر	متری pH روش تیتراسیون
سبک	شارژ کاتالیستی	۰/۴۲۰ (۸/۵۸)	۰/۴۷۰ (۵/۳۰)	۰/۴۷۰ (۵/۳۰)
	بازگردانی کاتالیستی	۰/۲۶۵ (۷/۸۲)	۰/۲۰۰ (۶/۷۱)	۰/۲۴۱ (۴/۰۷)
	کاهش گرانیوی گازوئیل	۰/۲۳۶ (۱۸/۲۰)	۰/۱۸۳ (۱۰/۲۰)	۰/۲۳۵ (۸/۸۲)
سنگین	کروسین	۱۳۵ (۷/۳۳)	۱۳۶ (۴/۱۹)	۱۲۵ (۳/۲۴)
	ترکیب کننده نفتا	۰/۵۰۰ (۸/۶۲)	۰/۴۸۰ (۵/۱۹)	۰/۴۸۳ (۴/۶۶)
	نفت خام	۱۱۱۷ (۱/۵۵)	۱۱۰۴ (۰/۷۱)	۱۱۴۸ (۰/۱۶)
	باقی مانده تقطیر	۳۶۸۴ (۰/۵۶)	۳۷۳۱ (۰/۳۹)	۳۷۴۵ (۰/۱۲)

از روش تیتراسیون، از مقدار قابل قبول دور است و این روش دقت لازم برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن موجود در واحد تقطیر را ندارد. جدول ۲ مقایسه نتیجه‌های به‌دست آمده از مقدار نیتروژن موجود در ترکیب‌های واحد آیزوماکس را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، دوباره تکرارپذیری روش pH متری بسیار خوب است ولی در روش‌های نسلر و تیتراسیون اختلاف از میانگین بسیار زیاد و انحراف استاندارد نسبی نیز روش را تایید نمی‌کند. در این ترکیب‌ها روش نسلر اختلاف کمی با روش تیتراسیون دارد ولی محاسبه‌ها نشان می‌دهد که این دو روش مورد قبول نمی‌باشند.

جدول ۳ مقایسه نتیجه‌های به‌دست آمده از مقدار نیتروژن موجود در ترکیب‌های واحد آیزوماکس را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود، روش pH متری جزو روش‌های مورد پذیرش است که محاسبه‌های اختلاف کمی از میانگین را نشان می‌دهد ولی روش‌های نسلر و تیتراسیون انحراف استاندارد نسبی خوبی ندارند. باید توجه داشت که روش pH متری دارای انحراف استاندارد نسبی پایین‌تر از دو روش دیگر می‌باشد که این موضوع دارای اهمیت است.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش سه روش اندازه‌گیری نیتروژن در نفت و ترکیب‌های نفتی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مطالب گفته شده و محاسبه‌ها انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که روش تیتراسیون pH متری نتیجه‌های قابل پذیرش و با دقت بالایی را هم در نمونه نفت خام و هم در فرآورده‌های نفتی سبک و سنگین در بر دارد که می‌توان حتی در آزمایشگاه‌های نه‌چندان پیشرفته

حدود ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد [۱۸]. برای این روش ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه تقطیر شده با میکروکج‌لدال، با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری رقیق شد. ۲ میلی‌لیتر معرف نسلر و سدیم هیدروکسید برای رساندن محلول به pH نزدیک ۷ افزوده شد دلیل این pH عمل کردن معرف نسلر می‌باشد. درپوش ارلن با درپوش لاستیکی تمیز بسته شد و به شدت به هم زده شد. ۱۰ دقیقه اجازه داده شد تا رنگ ایجاد شده، پایدار شود. سپس در حضور محلول شاهد (محلول نسلر)، اندازه‌گیری در طول موج ۴۲۵ نانومتر انجام شد. برای سنجش غلظت، منحنی واسنجی به همان صورت تهیه شد. از  $\text{NH}_4\text{Cl}$  که به مدت ۳ ساعت در  $103^\circ\text{C}$  خشک شده بود، استانداردهای  $\text{NH}_4^+$  در بازه‌ی ۵-۰/۱ گرم در لیتر ساخته شدند.

### نتیجه‌ها و بحث

نمونه‌های ترکیب‌های نفتی توسط کارشناسان در محل پالایشگاه و در مقاطع گوناگون زمانی برداشته شدند. برای هر سه روش در یک دوره آزمایش از نمونه‌گیری یکسان استفاده شد. جدول ۱ مقایسه نتیجه‌های به‌دست آمده از نمونه‌های مورد آزمایش واحد تقطیر را نشان می‌دهد. از نظر مقدار نیتروژن موجود، نمونه‌ها به دو قسمت سبک و سنگین طبقه بندی می‌شوند. میانگین ۶ اندازه‌گیری محاسبه شد و انحراف استاندارد نسبی به‌دست آمد. در نمونه‌های واحد تقطیر دیده می‌شود که روش pH متری تکرارپذیری خوبی را نشان می‌دهد. ولی روش نسلر با کمی اختلاف، دارای نتیجه‌های به‌دست آمده نزدیک به نتیجه‌های روش pH متری می‌باشد ولی انحراف استاندارد نسبی به‌دست آمده

جدول ۲- مقایسه نتیجه‌های به‌دست آمده از مقدار نیتروژن موجود در ترکیب‌های واحد آیزوماکس (عددهای درون پرانتز، انحراف استاندارد نسبی برای ۶ بار آزمایش مکرر را بر حسب درصد نشان می‌دهند).

واحد	نمونه نفتی	روش تیتراسیون مستقیم	روش نسلر	متری pH روش تیتراسیون
سبک	نفتای سنگین	۵/۲۶ (۴/۳۷)	۴/۸۶ (۳/۲۴)	۴/۴۶ (۰/۹۷)
	نفتای سبک	۱/۱۳ (۱۹/۸)	۱/۲۱ (۱۵/۸)	۱/۰۳ (۱۴/۹)
سنگین	خوراک ورودی	۹۹۷/۰ (۹/۱۶)	۱۲۱۰ (۴/۷۳)	۱۱۴۸ (۲/۹۹)
	خوراک برگشتی	۶۰/۰ (۳/۲۸)	۶۱/۳ (۲/۲۳)	۶۰/۵ (۰/۹۰)
	واحد کراکینگ کاتالیزوری	۱۱۹۸ (۰/۴۴)	۱۱۹۵ (۰/۳۲)	۱۱۹۹ (۰/۰۶)
	واحد ترکیب خوراک	۸۴۸ (۱/۰۹)	۸۵۵ (۰/۷۴)	۸۵۰ (۰/۳۴)

جدول ۳- نمونه‌های مورد آزمایش واحد تصفیه هیدروژنی (عددهای درون پرانتز، انحراف استاندارد نسبی برای ۶ بار آزمایش مکرر را بر حسب درصد نشان می‌دهند).

واحد	نمونه نفتی	روش تیتراسیون مستقیم	روش نسلر	متری pH روش تیتراسیون
سبک	نفتای سنگین	۰/۴۵۲ (۱۰/۴۰)	۰/۴۶۰ (۹/۴۳)	۰/۴۸۳ (۵/۳۴)
	نفتای سبک	۰/۳۰۰ (۱۰/۵)	۰/۴۰۰ (۶/۵۲)	۰/۳۵۰ (۳/۱۳)
سنگین	خوراک ورودی	۱۱/۶ (۳/۱۶)	۱۱/۸ (۲/۲۰)	۱۲/۱ (۱/۶۲)

### قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی و پشتیبانی فنی و آزمایشگاهی شرکت پالایش نفت اصفهان به شماره قرارداد پ ن الف/۰۴/۲۸۸/۹۳/۰ مورخه ۱۳۹۳/۰۷/۰۱ انجام شده است که نویسندگان مراتب قدردانی خود را از شرکت مزبور ابراز می‌دارند.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۶

هم نتیجه‌های خوبی به‌دست آورد که با مقدارهای استاندارد جهانی مطابقت خوبی دارد ولی روش نسلر از دقت خوبی برخوردار نیست و خطاهای آزمایشگاهی در آن بیش‌تر به چشم می‌خورد و در نمونه‌های سبک که مقدار نیتروژن بسیار کم است روش نسلر با خطای بیش‌تری همراه است. روش تیتراسیون مستقیم نیز با توجه به اینکه مرحله تقطیر به روش کج‌لدا انجام می‌شود ولی به دلیل استفاده از وسایل آزمایشگاهی و جا به جایی بیش از حد و گرمای غیر قابل کنترل نمی‌تواند برای اندازه گیری نیتروژن در نفت و فراورده‌های نفتی استفاده شود.

### مراجع

- [1] Gaffney J.S., Marley N.A., *The Impacts of Combustion Emissions on Air Quality and Climate – From Coal to Biofuels and Beyond.*, *Atmospheric Environment*, **43**(1): 23–36 (2009).
- [2] Maruthamuthu S., Mohanan S., Rajasekar A., Muthukumar N., Ponmarippan S., Subramanian P., Palaniswamy N., *Role of Corrosion Inhibitor on Bacterial Corrosion in Petroleum Product Pipelines.*, *Indian Journal of Chemical Technology*, **12**(5): 567-575 (2005).

- [3] Campins-Falco P., Meseguer-Lloret S., Climent-Santamaria T., Molins-Legua C., A Microscale Kjeldahl Nitrogen Determination for Environmental Waters., *Talanta*, **75**(4): 1123–1126 (2008).
- [4] Li Y., Chen Y., Wu C.Y., Tang X., Ji X.J., Determination of Optimum Nitrogen Application Rates in Zhejiang Province, China, Based on Rice Yields and Ecological Security., *Journal of Integrative Agriculture*, **14**(12): 2426-2433 (2015).
- [5] Singh D., Chopra A., Patel M.B, Sarpal A.S., A Comparative Evaluation of Nitrogen Compounds in Petroleum Distillates., *Chromatographia*, **74**(1): 121-126 (2011).
- [6] Zhan T.L.T., Guan C., Xie. H.J., Chen Y.M., Vertical Migration of Leachate Pollutants in Clayey Soils Beneath an Uncontrolled Landfill at Huainan., *Science of The Total Environment*, **471**: 290–298 (2014).
- [7] Mckenzie H.A., The Kjeldahl Determination of Nitrogen: Retrospect and Prospect., *Trends in Analytical Chemistry*, **13**(4): 138-144 (1994).
- [8] Zhang L., Li L., Ma C., Ge S., Yan M., Bian C., Detection of  $\alpha$ -Fetoprotein with an Ultrasensitive Electrochemiluminescence Paper Device Based on Green-Luminescent Nitrogen-Doped Graphene Quantum Dots., *Sensors and Actuators B: Chemical*, **221**: 799–806 (2015).
- [9] Wang X., Lin J.M., Liu M.L., Cheng X.L., Flow-based Luminescence-Sensing Methods for Environmental Water Analysis., *Trends in Analytical Chemistry*, **28**: 75–87 (2009).
- [10] Templeton D.W., Laurens L., Nitrogen-to-Protein Conversion Factors Revisited for Applications of Microalgal Biomass Conversion to Food, Feed and Fuel., *Algal Research*, **11**: 359–367 (2015).
- [11] Pontes F.V., Carneiro M.C., Vaitsman D.S., da Rocha G.P., Neto A.A., da Silva L.L., Monteiro M.L., Simplified Version of the Total Kjeldahl Nitrogen Method Using an Ammonia Extraction Ultrasound-Assisted Purge-and-Trap System and Ion Chromatography for Analyses of Geological Samples., *Analytica Chimica Acta*, **632**(2): 284–288 (2009).
- [12] Agbede J.O., Aletor V.A., Chemical Characterization and Protein Quality Evaluation of Leaf Protein Concentrates from Glyricidia Sepium and Leucaena Leucocephala., *Journal of Food Science & Technology*, **39**(3): 253-261 (2004).
- [13] Morrison G.R., Microchemical Determination of Organic Nitrogen with Nessler Reagent., *Analytical Biochemistry*, **43**(2): 527-532 (1971).
- [14] Zhou L., Boyd C.E., Comparison of Nessler, Phenate, Salicylate and Ion Selective Electrode Procedures for Determination of Total Ammonia Nitrogen in Aquaculture., *Aquaculture*, **450**: 187-193 (2016).
- [15] Casalta E., Salmon J.M., Sablayrolles J.M., Comparison of Different Methods for the Determination of Assimilable Nitrogen in Grape Musts., *Journal of Food Science and Technology*, **54**: 271-277 (2013).

- [16] Bojana B., Jovana M., Ivan M., Jovanov P., Misan A., Saric L., [Rapid Method for Determination of Protein Content in Cereals and Oilseeds: Validation, Measurement Uncertainty and Comparison with the Kjeldahl Method.](#), *Accreditation and Quality Assurance*, **15**(10): 555-561 (2010).
- [17] Pavlova A., Dobrev D.S., Ivanova P., [Determination of Total Nitrogen Content by Different Approaches in Petroleum Matrices.](#), *Journal of Fuel*, **88**: 27-30. (2009).
- [18] Mohidin H., Hanafi M.M., Rafli Y.M., Abdullah S.N.A., Idris A.S., Man S., Idris J., Sahebi M., [Determination of Optimum Levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium of Oil Palm Seedlings in Solution Culture.](#), *Journal of Bragantia*, **74**: 3-7 (2015).