



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۸۲۱

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO  
20821  
1st.Edition  
2016

سوخت‌های زیستی جامد - تبدیل نتایج  
تحلیلی از پایه‌ای به پایه دیگر

**Solid biofuels- Conversion of analytical  
results from one basis to another**

**ICS: 27.190; 75.160.10**

استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۸۲۱: ۱۳۹۴

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.org>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

Website: <http://www.isiri.org>

## به نام خدا

## آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در گروه‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای گروه‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین‌شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، گروه بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به‌عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> گروه کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی نظام‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سوخت‌های زیستی جامد - تبدیل نتایج تحلیلی از پایه‌ای به پایه دیگر»

### رئیس:

شریف‌زاده بائی، مازیار  
(دکتری مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی)

### دبیر:

بصیری، فرشید  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسلامی، علیرضا  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

جوادی، مسعود  
(کارشناسی مهندسی شیمی)

دهنوی، محمد علی  
(دکتری مهندسی شیمی)

شهمیرزادی، خدیجه  
(کارشناسی مهندسی شیمی)

طالبی قادیکلای، جواد  
(دکتری شیمی کاربردی)

طباطبایی، میثم  
(دکتری بیوتکنولوژی)

عدل، مهرداد  
(دکتری مهندسی بیوانرژی)

غلامی، ابودر  
(کارشناسی ارشد تبدیل انرژی)

قلی‌پور زنجانی، نوشین  
(دکتری مهندسی شیمی)

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

گرگانی فیروزجائی، فرج‌اله  
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

میرنبوی، نیره  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

یوسفی، برزو  
(دکتری مهندسی برق)

**ویراستار:**

رضاپور، محمد  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

رئیس اداره نظارت بر اجرای استاندارد- اداره کل استاندارد استان  
مازندران

دبیر کمیته متناظر سوخت‌های زیستی جامد سازمان ملی  
استاندارد ایران و کارشناس سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)

مدیر عامل شرکت اندیشه حرکت شمال

کارشناس مسئول صنایع فلزی- استاندارد استان مازندران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۴ اصول کار
۲	۵ محاسبات مورد استفاده جهت تحلیل سوخت‌های زیستی جامد
۲	۱-۵ کلیات
۳	۲-۵ محاسبات اضافی جهت تعیین مقدار هیدروژن، اکسیژن و ارزش گرمایی خالص
۳	۱-۲-۵ هیدروژن
۳	۲-۲-۵ اکسیژن
۳	۳-۲-۵ ارزش گرمایی خالص
۴	۳-۵ فرمول کلی برای انجام تبدیل از پایه‌ای به پایه دیگر
۵	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) روش‌های بررسی درستی نتایج
۸	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) جداول تبدیل واحد و ضرایب تبدیل
۹	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) راهنمای استفاده از پارامترهای اعتبارسنجی شده
۴	جدول ۱ فرمول‌های محاسبه ضریب تبدیل جهت تبدیل نتایج تحلیلی از پایه‌ای به پایه دیگر
۷	جدول الف ۱ مثال‌هایی از بررسی درستی نتایج مطابق با بندهای ۱ تا ۳ پیوست الف
۸	جدول ب ۱ ضرایب تبدیل (۱)
۸	جدول ب ۲ ضرایب تبدیل (۲)
۹	جدول پ ۱ پارامترهای اعتبارسنجی شده
۱۱	جدول پ ۲ مثال‌هایی از پارامترهای اعتبارسنجی شده
۱۲	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «سوخت‌های زیستی جامد- تبدیل نتایج تحلیلی از پایه‌ای به پایه دیگر» که پیش‌نویس آن در گروه‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در چهل و ششمین اجلاس کمیته ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در گروه‌های مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت؛ بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورداستفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 16993: 2015, Solid biofuels- Conversion of analytical results from one basis to another

## سوخت‌های زیستی جامد- تبدیل نتایج تحلیلی از پایه‌ای به پایه دیگر

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه اصول کلی برای استفاده مشترک از داده‌های تحلیلی مربوط به سوخت‌های زیستی جامد است که در پایه‌های مختلف بیان می‌شوند.

این استاندارد مقادیر اصلاحی و محاسبه‌شده معینی را ارائه می‌دهد که در انجام محاسبات تبدیل داده‌های تحلیلی مربوط به سوخت‌های زیستی جامد از پایه‌ای به پایه دیگر کاربرد دارد.

### ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده‌شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده‌شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ISO 16948, Solid biofuels- Determination of total content of carbon hydrogen and nitrogen
- 2-2 ISO 16994, Solid biofuels- Determination of total content of sulphur and chlorine
- 2-3 ISO 18122, Solid biofuels- Determination of ash content
- 2-4 EN 14918, Solid biofuels- Determination of calorific value
- 2-5 ISO 18134-1, Solid biofuels- Determination of moisture content- Oven dry method- Part 1: Total moisture- Reference method
- 2-6 ISO 18134-2, Solid biofuels- Determination of moisture content- Oven dry method- Part 2: Total moisture- Simplified method
- 2-7 ISO 18134-3, Solid biofuels- Determination of moisture content- Oven dry method- Part 3: Moisture in general analysis simple



### ۳ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

در این استاندارد، نمادها و کوتاه‌نوشت‌های زیر به کار می‌رود:

A	خاکستر (بر حسب درصد جرمی و مطابق با استاندارد ISO 18122)
C	مقدار کربن کل (بر حسب درصد جرمی و مطابق با استاندارد ISO 16948)
Cl	مقدار کلر کل (بر حسب درصد جرمی و مطابق با استاندارد ISO 16994)
$q_{p,net}$	ارزش گرمایی خالص در فشار ثابت (بر حسب ژول بر گرم و مطابق با استاندارد EN 14918)
H	مقدار هیدروژن کل (بر حسب درصد جرمی و مطابق با استاندارد ISO 16948)
M	مقدار رطوبت (بر حسب درصد جرمی و مطابق با استاندارد ISO 18134)
N	مقدار نیتروژن کل (بر حسب درصد جرمی و مطابق با استاندارد ISO 16948)
O	مقدار اکسیژن کل (بر حسب درصد جرمی)
S	مقدار گوگرد کل (بر حسب درصد جرمی و مطابق با استاندارد ISO 16994)
ad	به‌عنوان سرواژه و به‌جای عبارت «رطوبت بر پایه هوا خشک <sup>۱</sup> »
ar	به‌عنوان سرواژه و به‌جای عبارت «رطوبت در هنگام تحویل <sup>۲</sup> »
d	به‌عنوان سرواژه و به‌جای عبارت «رطوبت بر پایه خشک <sup>۳</sup> »
daf	به‌عنوان سرواژه و به‌جای عبارت «رطوبت بر پایه خشک عاری از خاکستر <sup>۴</sup> »

### ۴ اصول کار

به‌منظور تبدیل یک نتیجه تحلیلی و بیان آن در پایه‌های دیگر، آن را در ضریبی که از قرار دادن مقادیر لازم در فرمول متناسب با نوع مسئله و محاسبه آن به دست می‌آید، ضرب می‌کنیم (جدول ۱- را مشاهده کنید).

### ۵ محاسبات مورد استفاده جهت تحلیل سوخت‌های زیستی جامد

#### ۱-۵ کلیات

بیش‌تر مقادیر تحلیلی در یک پایه به‌خصوص را می‌توان با ضرب کردن آن‌ها در ضرایبی که با توجه به نوع مسئله و جایگذاری مقادیر عددی لازم در فرمول‌های ارائه‌شده در جدول ۱- به دست می‌آیند، به هر پایه دیگری تبدیل کرد. با این وجود در برخی از این پارامترها، مقدار رطوبت به‌طور مستقیم تأثیرگذار است. در این موارد باید پیش از انجام محاسبات تبدیل آن به پایه خشک یا پایه خشک عاری از خاکستر، اصلاحاتی را (همان‌گونه که در بند ۵-۲ مشخص شده) در نتیجه به‌دست‌آمده برای میزان رطوبت بر پایه هوا خشک انجام داد.

- 
- 1- Air- dried
  - 2- As received
  - 3- Dry
  - 4- Dry, ash free

همچنین اگر نتیجه‌ای برای این پارامترها بر پایه خشک یا خشک عاری از خاکستر بیان شده، می‌بایست مجدداً برای پایه مرطوب محاسبه شده و به پایه مرطوب واقعی برگردانده شوند. این روند باید برای اصلاحیه‌های بیان شده در بند ۵-۲ نیز (پس از اعمال فرمول مناسب گرفته شده از جدول ۱ در آن‌ها) انجام گردد.

## ۵-۲ محاسبات اضافی جهت تعیین مقدار هیدروژن، اکسیژن و ارزش گرمایی خالص

### ۵-۲-۱ هیدروژن

مقدار هیدروژن بر پایه هوا خشک ( $H_{ad}$ ، برای نمونه تحلیلی) یا همان مقدار هیدروژن کل از مجموع مقدار هیدروژن موجود در نمونه به‌عنوان رطوبت و هیدروژن موجود در بخش قابل احتراق سوخت‌های زیستی جامد محاسبه می‌شود. قبل از شروع محاسبات تبدیل پایه باید مقدار هیدروژن محاسبه شده ( $H_{ad}$ ) را با استفاده از مقادیر اصلاحی مربوط به پایه خشک، به هیدروژن با رطوبت محدود ( $H_d$ ) تبدیل گردد:

$$H_d = \left( H_{ad} - \frac{M_{ad}}{8,937} \right) \times \left( \frac{100}{100 - M_{ad}} \right) \quad (1)$$

این مقدار هیدروژن که مربوط به بخش قابل احتراق سوخت‌های زیستی جامد است را می‌توان با استفاده از فرمول‌های داده شده در جدول ۱، به هر پایه دیگری تبدیل کرد.

میزان غلظت هیدروژن آب موجود در نمونه با استفاده از ضریب ثابت ۸,۹۳۷ (که با توجه به فرمول مولاریته آب و اوزان اتمی هیدروژن (۱,۰۰۸) و اکسیژن (۱۵,۹۹۹۴) به دست آمده است) محاسبه می‌شود.

### ۵-۲-۲ اکسیژن

مقدار اکسیژن مربوط به بخش قابل احتراق سوخت‌های زیستی جامد را می‌توان با استفاده از تفاوت آن با مقدار محاسبه شده بر پایه خشک و با استفاده از فرمول (۲) محاسبه کرد:

$$O_d = 100 - C_d - H_d - N_d - S_d - Cl_d - A_d \quad (2)$$

اگر به میزان دقت بالایی در اندازه‌گیری نیاز باشد، بهتر است مقادیر  $S_d$  و  $Cl_d$  با توجه به مقدار پایانی گوگرد و کلر باقی مانده در خاکستر ( $A_d$ )، اصلاح شوند.

### ۵-۲-۳ ارزش گرمایی خالص

ارزش گرمایی خالص در فشار ثابت برای پایه مرطوب ( $q_{p,net,M}$ ) را می‌توان با انجام اصلاحاتی در پارامتر گرمای تبخیر مرتبط با مقدار رطوبت واقعی  $M$  (که می‌تواند به‌طور مثال  $M_{ad}$  یا  $M_{ar}$  باشد) محاسبه نمود. این اصلاحیه که متناسب با مقدار  $24,43 \text{ (J/g)}$  برای هر درصد وزنی رطوبت می‌باشد را باید با اضافه کردن مقدار  $M \times 24,43$  به مقدار ارزش گرمایی خالص، بی‌اثر کرد. پس از ضرب این حاصل جمع با فرمول مناسب گرفته شده از جدول ۱، مقدار به دست آمده برای گرمای تبخیر مرتبط با مقدار رطوبت جدید ( $M^*$ ) با کاسته شدن از مقدار  $M^* \times 24,43$ ، اصلاح می‌گردد. اصلاحاتی که در فرمول (۳) نشان داده شده‌اند به منظور تبدیل

ارزش گرمایی خالص مقدار رطوبت  $M$  ( $q_{p,net,M}$  بر حسب J/g) به ارزش گرمایی خالص برای مقدار رطوبت  $M^*$  ( $q_{p,net,M^*}$  بر حسب J/g) می‌باشند.<sup>۱</sup>

$$q_{p,net,M^*} = \left[ q_{p,net,M} + (24,43 \times M) \right] \times \frac{100 - M^*}{100 - M} - (24,43 \times M^*) \quad (3)$$

به‌عنوان مثال برای تبدیل ارزش گرمایی خالص بر پایه خشک ( $q_{p,net,d}$  بر حسب J/g) به ارزش گرمایی خالص در هنگام تحویل ( $q_{p,net,ar}$  بر حسب J/g) فرمول ۳ را می‌توان به شکل ساده‌شده فرمول ۴ تغییر داد:

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} \times \frac{100 - M_{ar}}{100} - 24,43 \times M_{ar} \quad (4)$$

که در این مورد  $M = 0$  و  $M^* = M_{ar}$  می‌باشد.

مقدار ارزش گرمایی خالص در فشار ثابت برای یک نمونه خشک ( $q_{p,net,d}$ ), از مقدار ارزش گرمایی ناخالص در حجم ثابت متناسب با آن و مطابق با استاندارد EN 14918 به دست می‌آید.

### ۳-۵ فرمول کلی برای انجام تبدیل از پایه‌ای به پایه دیگر

پس از اعمال اصلاحات نهایی مطابق با بند ۵-۲، می‌توان مقادیر تحلیلی به دست آمده برای یک پایه خاص را با ضرب کردن در ضریبی (که پس از جایگذاری مقادیر عددی متناسب با نوع مسئله و انتخاب فرمول مناسب از جدول ۱ محاسبه می‌شود) به هر پایه دیگری تبدیل نمود.

جدول ۱- فرمول‌های محاسبه ضریب تبدیل جهت تبدیل نتایج تحلیلی از پایه‌ای به پایه دیگر

پایه رطوبت خواسته شده				پایه رطوبت داده شده
خشک عاری از خاکستر (daf)	خشک (d)	هنگام تحویل (ar)	نمونه آزمونی هوا خشک (ad)	
$\frac{100}{100 - (M_{ad} + A_{ad})}$	$\frac{100}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100 - M_{ar}}{100 - M_{ad}}$	-	نمونه آزمونی هوا خشک (ad)
$\frac{100}{100 - (M_{ad} + A_{ad})}$	$\frac{100}{100 - M_{ar}}$	-	$\frac{100 - M_{ad}}{100 - M_{ar}}$	هنگام تحویل (ar)
$\frac{100}{100 - A_d}$	-	$\frac{100 - M_{ar}}{100}$	$\frac{100 - M_{ad}}{100}$	خشک (d)
-	$\frac{100 - A_d}{100}$	$\frac{100 - (M_{ar} + A_{ar})}{100}$	$\frac{100 - (M_{ad} + A_{ad})}{100}$	خشک عاری از خاکستر (daf)

یادآوری - توجه شود که فرمول داده شده برای محاسبه نتایج در قسمت «هنگام تحویل» می‌تواند برای محاسبه نتایج به هر پایه دیگری مورد استفاده قرار گیرد.

۱- هر دو مقدار در فشار ثابت در نظر گرفته شده‌اند.

## پیوست الف

### (آگاهی‌دهنده)

### روش‌های بررسی درستی نتایج

#### الف ۱- کلیات

در این پیوست سه روش برای بررسی نتایج بیان می‌شود. این روش‌ها در زمانی که با حجم زیادی از نتایج سر و کار داریم، جهت ارزیابی نتایج تحلیلی و ثبت خطاهای موجود در آن‌ها کاربرد دارند.

#### الف ۲- بررسی درستی بر اساس مقادیر کربن

به‌منظور محاسبه ظرفیت حرارتی (QB)، برای ارزش گرمایی خالص در فشار ثابت بر پایه خشک با استفاده از مقدار کربن می‌توانید از فرمول (الف-۱) استفاده کنید:

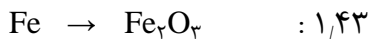
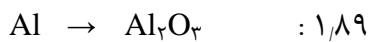
$$QB \text{ (Mj/kg بر حسب } C_d + 5,79 \times 0,2746 \text{ (الف-۱))}$$

مقدار QB محاسبه‌شده را با مقدار اندازه‌گیری شده  $q_{p,net,M}$  بر حسب Mj/kg، مقایسه کنید.

#### الف ۳- بررسی درستی بر اساس مقادیر عناصر اصلی و خاکستر

مقادیر به‌دست آمده از عناصر اصلی را پس از تبدیل به ترکیبات خودشان بر پایه اکسید با یکدیگر جمع نموده و مجموع این مقادیر را (به‌صورت کلی) با مقادیر موجود در خاکستر ( $550^{\circ}\text{C}$ ) مقایسه نمایید.

برای نمونه‌هایی با مقدار بالای گوگرد و/یا کلر، توصیه می‌شود این مقادیر به‌دقت جمع شوند. ضریب تبدیل برای گوگرد برابر با ۲/۵۰ است و این در حالی است که این مقدار برای کلر برابر با یک است. ضرایب تبدیل برای تبدیل عناصر اصلی به شکل اکسیدشان برابر است با:



مجموع مقادیر اکسیدها (برابر با خاکستر عناصر اصلی) بر حسب درصد m/m در پایه خشک را مطابق با فرمول (الف-۲) محاسبه کنید. از غلظت عناصر بر حسب mg/kg در پایه خشک استفاده نمایید.

$$Mash = \frac{(Al_d \times 1,89 + Ca_d \times 1,40 + Fe_d \times 1,43 + Mg_d \times 1,66 + P_d \times 2,29 + K_d \times 1,20 + Si_d \times 2,14 + Na_d \times 1,35 + Ti_d \times 1,67 + Cl_d + S_d \times 2,50)}{10000} \quad (\text{الف-۲})$$

نسبت مقادیر اکسیدها به خاکستر می‌بایست در حدود ۱ باشد (از ۰٫۸ تا ۱٫۲).

یادآوری ۱- اگر مجموع مقدار اکسیدها کم‌تر از مقدار خاکستر شود، دلیل آن ممکن است مقدار بالای کربنات‌ها باشد.

یادآوری ۲- در صورت وجود مقدار بالای گوگرد و یا کلر، بیش‌تر از ۵۰٪ عناصر ممکن با خاکستر شدن در دمای °C ۵۵۰ از بین بروند.

#### الف ۴- بررسی درستی بر اساس مقادیر کربن، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن و خاکستر

این بررسی تنها در صورتی که مقدار اکسیژن مشخص باشد، امکان‌پذیر است.

مجموع موازنه جرم (MB) را مطابق با فرمول (الف-۳) محاسبه نمایید:

$$MB = C_d + H_d + N_d + O_d + S_d + Cl_d + A_d \quad (\text{الف-۳})$$

تمامی مقادیر بر حسب درصد هستند.

مقدار MB می‌بایست در حدود ۱۰۰ باشد.

در برخی از انواع سوخت‌های زیستی، مقادیر نسبی بالایی از فلئوئور، برم و یا ید یافت می‌شوند؛ در این موارد باید وزن این عناصر نیز در محاسبات لحاظ شوند.

جدول الف ۱- مثال‌هایی از بررسی درستی نتایج مطابق با بندهای ۱ تا ۳ پیوست الف

عناصر	کربن	هیدروژن	نیتروژن	اکسیژن	آلومینیم	کلسیم	آهن	پتاسیم	سدیم	منیزیم	سیلیسیم	فسفر	تیتانیوم	گوگرد	کلر	خاکستر	ارزش گرمایی	موازنه جرم	مقدار اکسیدها	ظرفیت حرارتی
واحد	درصد	درصد	درصد	درصد	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	درصد	Mj/kg	درصد	درصد	Mj/kg
چوب + پوست درخت	۴۶٫۴	۶٫۲۰	۰٫۰۱	۴۲٫۵	۴۴	۱۳۹۸	۴۶	۶۳۷	۲۵	۱۷۵	۲۳۶	۶۵	۳	۷۵	۱۱	۰٫۶	۱۹٫۲	۹۶	۰٫۴	۱۸٫۵
کاه و پوشال	۴۴٫۴	۵٫۸۶	۰٫۶۵	۴۳٫۷	۷۱	۲۸۲۹	۸۷	۱۰۷۷۰	۷۰	۷۵۴	۱۱۱۳۰	۷۰٫۶	۲۵	۱۰۰۸	۱۱۱۲	۵٫۶	۱۷٫۹	۱۰۰	۴٫۸	۱۸٫۰
پوست درخت	۴۶٫۵	۵٫۳۸	۰٫۵۶	۴۱٫۴	۵۳۶	۴۵۲۹۰	۲۹۷	۲۰۸۰	۱۱۵	۵۳۱	۳۱۷۵	۱۹۶	۴۱	۷۴۱	۴۰	۱۳٫۳	۱۶٫۵	۱۰٫۷	۷٫۸	۱۸٫۶
کلش کلزا	۴۴٫۸	۵٫۶۹	۰٫۳۴	۴۴٫۷	۳۴	۱۱۱۰۰	۲۵	۸۹۷۰	۶۵۳	۵۶۷	۱۹۴	۵۵۱	۲	۲۸۱۴	۲۸۱۴	۴٫۸	۱۷٫۷	۱۰۰	۳٫۹	۱۸٫۱
بوته‌های خاردار	۴۳٫۰	۵٫۷۳	۱٫۰۳	۴۱٫۸	۴۱۱	۱۳۳۸۰	۲۳۸	۱۳۱۳۰	۱۲۳۱۰	۲۳۰۸	۱۰۷۴	۷۹۵	۱۰	۲۰۰۲	۱۷۲۸۰	۹٫۹	۱۶٫۸	۱۰۱	۸٫۳	۱۷٫۶
صنوبر بدون پوست	۴۷٫۸	۶٫۱۰	۰٫۰۵	۴۳٫۹	۵۱	۷۸۴	۱۵	۳۱۱	۳	۱۰۳	۲۵	۲۳	۳	۴۱	۳	۰٫۳	۱۹٫۲	۹۸	۰٫۲	۱۸٫۹
تفاله زیتون	۴۶٫۰	۵٫۴۵	۱٫۳۷	۳۸٫۷	۲۲۱۴	۱۳۸۶۰	۱۵۱۲	۲۳۸۷۰	۱۶۶	۲۹۵۵	۱۰۰۶۰	۱۴۷۴	۱۳۳	۱۳۳۶	۲۰۷۴	۱۱٫۵	۱۹٫۳	۱۰۳	۹٫۱	۱۸٫۴
چوب صمغ‌دار	۵۰٫۷	۵٫۷۸	۰٫۲۵	۴۲٫۹	۳۹	۴۱۸۰	۵۲	۹۴۴	۸۳	۴۸۴	۸۰	۶	۴	۱۶۷	۸۹	۱٫۵	۲۰٫۵	۱۰۱	۰٫۹	۱۹٫۷
جلبک دریایی	۳۲٫۳	۴٫۲۰	۲٫۴۹	۳۶٫۱	۱۱۲۵۰	۱۹۲۳۰	۴۴۴۰	۹۸۸۵	۱۱۵۰۵	۷۶۲۰	۷۴۸۸۰	۱۴۳۳	۳۲۱	۲۰۵۲۵	۱۸۴۷	۳۱٫۵	۱۲٫۸	۱۰٫۷	۳۲٫۲	۱۴٫۶
پیوسته نارگیل	۴۹٫۲	۵٫۵۴	۰٫۲۲	۴۵٫۰	۲۶۳	۶۹۷	۱۶۴	۳۴۱۰	۱۹۰۰	۵۷۵	۱۷۸۵	۱۲۸	۱۲	۳۸۰	۱۷۸۸	۲٫۱	۱۹٫۶	۱۰۲	۱٫۶	۱۹٫۳
هسته بادام	۴۹٫۱	۶٫۱۷	۰٫۲۲	۴۷٫۳	۱۰۸	۲۷۶۵	۲۳۷	۴۱۶۵	۴۹	۳۱۳	۲۴۳۰	۱۹۹	۱۴	۱۷۷	۹۳	۱٫۹	۱۹٫۵	۱۰۵	۱٫۶	۱۹٫۳
هسته میوه نخل	۵۰٫۸	۵٫۸۷	۰٫۳۲	۴۲٫۸	۶۱۹	۵۴۶۰	۴۸۷	۱۲۴۰	۹۲	۵۱۷	۸۰۱۰	۲۷۲	۳۱	۳۱۰	۱۴۹	۳٫۱	۲۰٫۲	۱۰۳	۳٫۱	۱۹٫۷

یادآوری- تمامی نتایج بر پایه خشک هستند، به‌طوری‌که:

مقادیر بیان‌شده در ستون موازنه جرم مطابق با بند الف-۳ محاسبه شده‌اند.

مقادیر بیان‌شده در ستون مقادیر اکسیدها مطابق با بند الف-۲ محاسبه شده‌اند.

مقادیر بیان‌شده در ستون ظرفیت حرارتی مطابق با بند الف-۱ محاسبه شده‌اند.

پیوست ب  
(آگاهی دهنده)

جداول تبدیل واحد و ضرایب تبدیل

جدول ب ۱- ضرایب تبدیل (۱)

	toe <sup>(۱)</sup>	MWh	GJ	Gcal
toe	۱	۱۱,۶۳	۴۱,۸۶۸	۱۰,۰
MWh	۰,۰۸۵۹۸	۱	۳,۶۰۰	۰,۸۵۹۸
GJ	۰,۰۲۳۸۸	۰,۲۷۷۸	۱	۰,۲۳۸۸
Gcal	۰,۰۱	۱,۱۶۳۰	۴,۱۸۶۸	۱

(۱) معادل یک تن نفت  
مثال: ۱ toe = ۱۱,۶۳ MWh

جدول ب ۲- ضرایب تبدیل (۲)

ضرب می شود در	به واحد	برای تبدیل از واحد
۶۲,۴۲۷۹۷۴	lb/ft <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>
۱۶,۰۱۸۴۶	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>
۲۷۶۷۹,۹۰	kg/m <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>
۰,۰۱۶۰۱۸۴۶	g/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>
۳۹۳,۷۰	mil <sup>(۱)</sup>	cm
۹,۴۸۴۵ × ۱۰ <sup>-۴</sup>	BTU	joule (J)
۱۰۵۴,۳۵۰	joule (J)	BTU

(۱) یک "mil" واحد اندازه گیری طول معادل ۰/۰۰۱ اینچ (یک میلی اینچ برابر با یک هزارم یک اینچ) است که هم چنین با عناوین "thou" یا "point" نیز شناخته می شود.

## پیوست پ

## (آگاهی دهنده)

## راهنمای استفاده از پارامترهای اعتبارسنجی شده

یک آزمایشگاه باید بتواند درستی روش مورداستفاده خود در آزمون را اثبات نماید (به عنوان مثال با مقایسه نتایج تحلیلی با نتایج مواد مرجع تأییدشده (CRM's) یا با شرکت در آزمون‌های دوره‌ای).

در هنگام مقایسه با داده‌های معتبر استانداردهای ارائه شده توسط کمیته فنی ISO/TC 238، این مسئله باید در نظر گرفته شود که غلظت یک جز در نمونه‌های مختلف زیست‌توده ممکن است بیش از مقدار بیان شده باشد.

معمولاً در زمان اندازه‌گیری‌های نزدیک به محدودیت‌های تشخیصی دستگاه‌هایی که جهت شناسایی عناصر در غلظت‌های بسیار پایین کاربرد دارند، مقادیر انحراف از معیار و خطاها افزایش می‌یابد. علاوه بر این، عواملی مانند دشواری همگن نمودن برخی از سوخت‌های زیستی یا روش همگن‌سازی، وجود ناخالصی در نمونه و هم‌چنین نوع زیست‌توده می‌توانند بر کارایی روش مورداستفاده تأثیرگذار باشد. داده‌های اعتبارسنجی شده می‌توانند شامل پارامترهای بیان شده در جدول پ-۱ باشند:

## جدول پ ۱- پارامترهای اعتبارسنجی شده

معنی و مفهوم	نمادها
تعداد آزمایشگاه‌ها پس از حذف داده‌های خارج از محدوده	$n$
تعداد مقادیر آزمونی منحصر به فرد قابل قبول	$l$
درصد مقادیر خارج از محدوده حاصل از محاسبه مجدد	$o$
مقدار میانگین کل	$x$
تجدید پذیری انحراف از معیار	$s_R$
ضریب تغییرات تجدید پذیری	$CV_R$
تکرارپذیری انحراف از معیار	$s_r$
ضریب تکرارپذیری انحراف از معیار	$CV_r$
حد مجاز تکرارپذیری	$r$
حد مجاز تجدید پذیری	$R$

اگر مقادیر  $r$  و  $R$  در داده‌های اعتبارسنجی شده ارائه نشده بودند، می‌توان آن‌ها را از محاسبه پارامتر انحراف از معیار به صورت زیر به دست آورد:

$$r = 2\sqrt{2} \times s_r = 2.8 \times s_r \quad (\text{مقایسه مطلق دو اندازه‌گیری در شرایط تکرارپذیری})$$

$$r = 2\sqrt{2} \times CV_r = 2.8 \times CV_r \quad (\text{مقایسه نسبی دو اندازه‌گیری در شرایط تکرارپذیری})$$



$$R = 2\sqrt{2} \times s_R = 2,8 \times s_R \quad (\text{مقایسه مطلق دو اندازه‌گیری در شرایط تجدید پذیری})$$

$$R = 2\sqrt{2} \times CV_R = 2,8 \times CV_R \quad (\text{مقایسه نسبی دو اندازه‌گیری در شرایط تجدید پذیری})$$

نتایج عملکرد یا داده‌های اعتبارسنجی شده موجود برای یک روش (که در استانداردهای ارائه‌شده توسط کمیته فنی ISO/TC 238 یافت می‌شود) و/یا داده‌های به‌دست‌آمده از طریق آزمون‌های دوره‌ای معتبر تحقیقاتی ممکن است به‌عنوان یکی از منابع در هنگام تعیین عدم قطعیت بسط یافته در اندازه‌گیری، استفاده شود. در این صورت بهتر است اطمینان پیدا کنید که:

۱- کارایی روش استفاده‌شده توسط آزمایشگاه بهتر یا مناسب‌تر از عملکرد داده‌های ارائه‌شده در استانداردها است (معمولاً روش‌های تضمین کیفیت رایج مورد استفاده در آزمایشگاه‌ها، همانند کارت‌های کنترل، استفاده از CRM's، آزمون مهارت یا آزمون‌های دوره‌ای لازمه این مستندسازی هستند).

۲- انواع نمونه‌های آزمونی در محدوده نمونه‌های دارای داده‌های اعتبارسنجی شده، هستند (به‌عنوان مثال نوع نمونه‌های مورد بررسی در آزمون‌های دوره‌ای انجام‌شده).

۳- روش آزمونی نیز شامل همان فرآیندی است که داده‌های اعتبارسنجی شده از آن به دست می‌آیند. (به‌عنوان مثال روش استفاده‌شده توسط شرکت‌کنندگان در آزمون‌های دوره‌ای انجام‌شده).

مثال ۱- از داده‌های اعتبارسنجی شده برای برآورد عدم قطعیت بسط یافته در اندازه‌گیری استفاده کنید.

آزمایشگاهی می‌خواهد میزان عدم قطعیت بسط یافته در اندازه‌گیری مقدار کربن محاسبه‌شده برای نمونه چوب خود را تعیین کرده و داده‌های مشخص به‌دست‌آمده از این روش پذیرفته‌شده عمومی به‌عنوان بخشی از فرآیند محاسبه قرار گیرد.

میزان تجدید پذیری درون آزمایشگاهی این آزمایشگاه از مطالعات اعتبارسنجی داخلی و نمودارهای کنترلی محاسبه می‌شود که این مقدار  $CV_R = 0,82\%$  تعیین شده است. در داده‌های عملکردی ارائه‌شده در استاندارد ISO 16948:2015، جدول الف-۱، مقدار  $CV_R$  (بین آزمایشگاهی) در  $1,1\%$  نسبی (برای نمونه تراشه چوب) بیان شده است.

پس:

$$u_{c,rel} = \sqrt{(0,82^2 + 1,1^2)} = 1,37\% \text{ relative}$$

$$U_{rel} = 2 \times u_{c,rel} = 2,7\% \text{ relative}$$

که در آن:

$u_{c,rel}$  مقدار عدم قطعیت در اندازه‌گیری درهم ترکیب شده است؛

$U_{rel}$  مقدار عدم قطعیت بسط یافته در اندازه‌گیری با استفاده از ضریب پوشش ۲ (با فاصله اطمینان تقریبی ۹۵٪) است.

مثال ۲- از داده‌های اعتبارسنجی شده برای ارزیابی دوباره محاسبات استفاده کنید.

از نتایج عملکرد یا داده‌های اعتبارسنجی شده موجود برای یک روش نیز ممکن است برای کنترل سطح واقعی دقت آن روش (مانند مثال زیر) استفاده شود.

داده‌های عملکردی نشان داده‌شده در جدول پ-۲ که برگرفته‌شده از جدول B.5 استاندارد ISO16967:2015، جهت اندازه‌گیری فسفر ارائه شده است:

جدول پ ۲- مثال‌هایی از پارامترهای اعتبارسنجی شده

$CV_r$	$s_r$	$CV_R$	$s_R$	$x$	$o$	$l$	$n$	پارامتر	نمونه
درصد	mg/kg	درصد	mg/kg	mg/kg	درصد	-	-	واحد	
۳/۴	۲	۶/۷	۵	۷۴	۳/۶	۵۳	۱۱	تراشه چوب	
۳/۹	۵۸	۸/۵	۱۲۷	۱۴۹۰	۰	۶۵	۱۳	تفاله زیتون	

پس از انجام آزمون بر روی نمونه سوخت زیستی جامد، دو نتیجه برای مقدار فسفر به دست آمد که عبارت است از ۸۱۰ mgP/kg و ۱۱۸۰ mgP/kg. تفاوت بین این دو نتیجه ۳۷۰ یا ۳۷ درصد از مقدار متوسط ۹۹۵ mgP/kg می‌باشد.

در این مرحله حد تکرارپذیری ( $r$ )، از داده‌های عملکردی ارائه‌شده در استاندارد ISO 16967 محاسبه می‌شود ( $r = 2,8 \times CV_r$ )، که انتظار می‌رود بین ۱۰٪ تا ۱۱٪ مقدار متوسط باشد.

تفاوت واقعی بیش از این مقدار قابل توجیه نبوده و بهتر است نتایج موردقبول واقع نشده و پس از بررسی روش انجام، آزمون دوباره تکرار شود.

## کتاب‌نامه

### استانداردهای بین‌المللی

#### International standards

- [1] ISO 5725-2, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results- Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- [2] ISO 17225-1, Solid biofuels- Fuel specifications and classes- Part 1: General requirements
- [3] EN-ISO 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [4] ISO 16967, Solid biofuels- Determination of major elements
- [5] EN 14780, Solid biofuels- Sample preparation

### کتاب و مقالات

#### Books and articles

- [6] Marcel Dekker, *Thermal Data for Natural and Synthetic Fuels*, 1998
- [7] H. Bayer, W. Schaller, *Calculation of the upper heating value of biomass*, 12th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, The Netherlands
- [8] *Harmonized protocols for the adoption of standardized analytical methods for the presentation of their performance characteristics*. Pure Appl. Chem. 1990, 62 (1) pp. 149–162