

Research Paper

Evaluation of Physicochemical Properties of Activated Charcoal and Preparation, Analysis, and Comparison of Its Oral Capsule with a Commercial Sample



Hasti Daryazadeh^{1,2}, Ali Asghar Hemmati³, Neda Bavarsad⁴, Azar Mostoufi², Seyed Reza Alavi², Mahsa Toolabi^{1,2*}

1.Toxicology Research Center, Medical Basic Sciences Research Institute, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

2.Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

3.Department of Pharmacology, Faculty of Pharmacy, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

4.Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Daryazadeh H, Asghar Hemmati A, Bavarsad N, Mostoufi A, Alavi SR, Toolabi M. [Evaluation of Physicochemical Properties of Activated Charcoal and Preparation, Analysis, and Comparison of Its Oral Capsule with a Commercial Sample (Persian)]. Jundishapur Journal of Medical Sciences. 2026; 25(1):53-65.

<https://doi.org/10.22118/jsmj.2025.511483.3857>

ABSTRACT

Background and Objectives Due to its porous structure and high adsorption capacity, activated charcoal is widely used in pharmaceutical formulations, including capsules, to reduce gastrointestinal absorption of toxins. Considering the limited domestic production and dependence on imported products, this study aimed to formulate and evaluate a locally produced activated charcoal capsule and compare it with a commercial product.

Subjects and Methods The physicochemical properties of the activated charcoal powder, including acid-soluble substances, chloride, sulfate, sulfide, cyanide compounds, and heavy metals, were assessed according to BP and USP pharmacopeial standards. In addition, Brunauer–Emmett–Teller (BET) analysis was performed to determine surface area and adsorption capacity. Capsules were prepared in powder and granule forms, and were subsequently subjected to pre-formulation tests, including flowability and density, as well as pharmaceutical evaluations such as content uniformity and disintegration time.

Results The activated charcoal powder demonstrated acceptable physicochemical quality, and impurity levels were within pharmacopeial limits. The iodine number confirmed the high adsorption capacity of the sample. Powder-based capsules, with a surface area of 675 m²/g, showed greater adsorption capacity than granules (364 m²/g); however, the granulation process successfully optimized the formulation's flowability and density. The produced capsules were comparable to the commercial product in terms of content uniformity and disintegration time.

Conclusion The formulated activated charcoal capsules met pharmacopeial standards and exhibited appropriate performance. The higher adsorption capacity of the powder-based capsules suggests a potential therapeutic advantage. Overall, the findings indicate the feasibility of domestic production and its potential role in reducing reliance on imported activated charcoal products.

Keywords Activated charcoal, Capsule, Physicochemical properties, Adsorption capacity.

Received: 9 March 2025

Revised: 17 Nov 2025

Accepted: 23 Nov 2025

* Corresponding Author:

Mahsa Toolabi

Address: Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Tel: +986133112275

E-Mail: mahsa.toolabi2010@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Activated charcoal, derived from natural sources such as coconut shells, wood, and other carbon-rich materials, is a highly porous and crystalline adsorbent with a vast surface area. Its unique structure enables it to effectively adsorb toxins, pollutants, and chemicals, making it a valuable material in various industries, including pharmaceuticals, water purification, and medical treatments (1, 2). In the pharmaceutical sector, activated charcoal is primarily utilized in oral formulations, such as capsules and tablets, to reduce the absorption of toxins and harmful substances in the gastrointestinal tract. It is particularly effective in treating cases of poisoning, drug overdose, and gastrointestinal disorders like bloating, flatulence, and diarrhea (3, 4).

The adsorption capacity of activated charcoal is influenced by several factors, including particle size, surface area, pore structure, and functional groups on its surface. A higher surface area generally correlates with greater adsorption efficiency, providing more active sites for toxin binding (5). Activated charcoal is available in various forms, such as powder, granules, and tablets, each tailored to specific industrial and medical applications. For instance, powdered activated charcoal is often preferred for its rapid adsorption properties, while granular forms are favored in industrial settings due to their ease of handling and flowability (6).

Despite the increasing demand for activated charcoal products, many countries, including Iran, face challenges in domestic production, leading to a heavy reliance on imported products. This dependency increases costs, and limits access to high-quality and affordable treatments. Therefore, developing the capability to produce high-quality activated charcoal capsules domestically is crucial for reducing import dependency, lowering costs, and improving accessibility to essential medical treatments. This study aimed to evaluate the physicochemical properties of activated charcoal and develop oral capsules using domestically sourced materials. The produced capsules were compared with a commercially available foreign product to assess their quality, efficacy, and potential for therapeutic use.

Methods

The study was conducted in several stages, beginning with evaluating the physicochemical properties of activated charcoal powder. The parameters assessed included acid-soluble substances, chloride content, sulfate, sulfide, cyanide compounds, heavy metals, and iodine number, all of which were analyzed according to the standards outlined in the British Pharmacopoeia (BP) and the United States Pharmacopeia (USP). These tests ensured that the activated charcoal met the required safety and quality standards for pharmaceutical use.

To further evaluate the activated charcoal adsorption capacity, Brunauer-Emmett-Teller (BET) analysis was

conducted to determine the surface area, pore volume, and pore diameter. These parameters provide insight into the material's ability to adsorb toxins and other substances.

Capsules were prepared in two forms: powder and granules. Granules were produced using a wet granulation process to improve flowability and compressibility. Pre-formulation tests were conducted to evaluate the physical properties of the materials, including flowability (measured by the angle of repose), density (bulk and tapped density), and compressibility (determined using Carr's index and Hausner's ratio). These tests are essential for ensuring that the materials can be efficiently processed into capsules.

Pharmaceutical tests were conducted to evaluate the quality of the produced capsules. These tests included assessing weight uniformity to ensure consistent dosing and measuring disintegration time using a disintegration apparatus in distilled water at 37°C. Disintegration time is a crucial parameter, as it determines the rate at which the capsule releases its active ingredient in the gastrointestinal tract.

The results from the domestically produced capsules were compared with those of a commercially available foreign product (activated charcoal country life) to assess their quality and efficacy.

Results

The activated charcoal powder used in this study met all quality standards, with no harmful impurities detected. The acid-soluble residues were measured at 35 mg, within the permissible limits, while the chloride content was 0.25 mg/L, well below the acceptable threshold. Additionally, no detectable levels of sulfate, sulfide, cyanide, or heavy metals were observed, confirming the safety and purity of the material.

The iodine number, a key indicator of adsorption capacity, was measured at 719 mg/g for the powder form and 520 mg/g for the granules. These values confirm the high adsorption capacity of the activated charcoal, particularly in its powdered form. BET analysis revealed a surface area of 675 m²/g for the powder and 364 m²/g for the granules. While the foreign product exhibited a higher surface area of 1198 m²/g, the domestically produced powder still demonstrated excellent adsorption properties.

Pre-formulation tests showed that the granules had better flowability, with an angle of repose of 15.69°, compared to 17.07° for the powder. Similarly, the compressibility of the granules was superior, with a Carr's index of 18.64%, compared to 33.27% for the powder. These properties make granules more suitable for industrial processing and capsule production.

Pharmaceutical tests confirmed that the produced capsules met the required standards for weight uniformity and disintegration time. The weight of the powder capsules

averaged 267.7 mg, while the granule capsules averaged 266.4 mg, both within acceptable limits. The disintegration time for the powder capsules ranged from 1.55 to 3.43 minutes, and for the granule capsules, it ranged from 2.02 to 3.30 minutes. These results were comparable to the commercial product, which had an average weight of 276.7 mg and a disintegration time of 2.56 to 4.30 minutes.

Conclusion

The activated charcoal capsules produced in this study met all quality standards and demonstrated high efficacy, making them suitable for therapeutic use. Powder-based capsules, with their superior adsorption capacity, are ideal for treating poisoning and gastrointestinal disorders, while granules are better suited for industrial applications.

Domestic production of these capsules is economically viable and can significantly reduce reliance on imported products, improving accessibility to affordable and effective treatments. Future studies should focus on optimizing the production process, such as by incorporating automated capsule-filling methods and exploring alternative activation techniques to enhance the quality and efficiency of activated charcoal products.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This article is based on a part of the Doctor of Pharmacy (Pharm.D.) dissertation of Hasti Daryazadeh at the

Toxicology Research Center, Medical Basic Sciences Research Institute, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences. The study was approved by the Research Deputy of Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences under the research code TRC-0319. The ethical approval code for this study is IR.AJUMS.REC.1403.445.

Funding

This study was financially supported by Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences.

Author's contributions

Conceptualization and writing: Hasti Daryazadeh and Mahsa Toolabi, data collection: Hasti Daryazadeh, data analysis: Neda Bavarsad, Ali Asghar Hemmati, Azar Mostoufi, Seyed Reza Alavi and Mahsa Toolabi, review and editing: Mahsa Toolabi.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences for providing financial support for this study, as well as to the Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, for providing the necessary facilities and resources.

مقاله پژوهشی

ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی زغال فعال و تهیه، بررسی و مقایسه کپسول خوراکی آن با یک نمونه تجاری

هستی دریازاده^۱، علی اصغر همتی^۲، ندا باورصاد^۳، آذر مستوفی^۴، سیدرضا علوی^۲، مهسا طولابی^{۱*}

۱. مرکز تحقیقات سم‌شناسی، پژوهشکده علوم پایه پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۲. گروه شیمی دارویی دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۳. گروه فارماکولوژی دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۴. گروه فارماسیوتیکس دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Daryazadeh H, Asghar Hemmati A, Bavarsad N, Mostoufi A, Alavi SR, Toolabi M. [Evaluation of Physicochemical Properties of Activated Charcoal and Preparation, Analysis, and Comparison of Its Oral Capsule with a Commercial Sample (Persian)]. Jundishapur Journal of Medical Sciences. 2026; 25(1): 53-65.

<https://doi.org/10.22118/jsmj.2025.511483.3857>

چکیده



زمینه و هدف: زغال فعال به دلیل ساختار متخلخل و ظرفیت جذب بالا، در فرمولاسیون‌های دارویی از جمله کپسول‌ها برای کاهش جذب سموم دستگاه گوارش کاربرد دارد. با توجه به محدود بودن تولید داخلی و وابستگی به واردات، این مطالعه با هدف تهیه و ارزیابی کپسول زغال فعال تولید داخل و مقایسه آن با یک نمونه تجاری انجام شد.

روش بررسی: خواص فیزیکوشیمیایی پودر زغال فعال شامل مواد قابل حل در اسید، کلرید، سولفات، سولفید، ترکیبات سیانیدی و فلزات سنگین براساس استانداردهای فارماکوپه BP و USP ارزیابی شد. همچنین آزمون BET برای تعیین سطح ویژه و ظرفیت جذب انجام گرفت. کپسول‌ها در دو شکل پودری و گرانولی تهیه شدند و آزمون‌های پیش‌فرمولاسیون شامل جریان‌پذیری و چگالی، و آزمون‌های دارویی شامل یکنواختی محتوا و زمان فروپاشی مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: پودر زغال فعال مورد استفاده، از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیفیت مطلوبی داشت و مقادیر ناخالصی‌ها در محدوده استانداردهای دارویی قرار گرفت. عدد پدی نیز ظرفیت جذب بالای نمونه را تأیید کرد. کپسول‌های پودری با سطح ویژه ۶۷۵ مترمربع بر گرم، جذب بیشتری نسبت به گرانول‌ها (۳۶۴ مترمربع بر گرم) نشان دادند، درحالی‌که گرانول‌سازی موجب بهبود جریان‌پذیری و چگالی شد. کپسول‌های تولیدی از نظر یکنواختی محتوا و زمان فروپاشی با نمونه تجاری قابل مقایسه بودند.

نتیجه‌گیری: کپسول‌های زغال فعال فرموله‌شده، معیارهای استاندارد دارویی را برآورده کردند و ظرفیت جذب بالاتر نوع پودری می‌تواند بیانگر برتری درمانی آن باشد. این مطالعه نشان‌دهنده امکان تولید داخلی و کاهش وابستگی به واردات در زمینه فرآورده‌های زغال فعال است.

کلیدواژه‌ها: زغال فعال، کپسول، خواص فیزیکوشیمیایی، ظرفیت جذب.

تاریخ دریافت: ۱۹ اسفند ۱۴۰۳
دریافت اصلاحات: ۲۶ آبان ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۲ آذر ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

مهسا طولابی

نشانی: مرکز تحقیقات سم‌شناسی، پژوهشکده علوم پایه پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

تلفن: ۰۶۱۳۳۱۱۲۲۷۵

رایانامه: mahsa.toolabi2010@gmail.com

مقدمه

روش بررسی

در این مطالعه، مراحل مختلفی برای بررسی خواص فیزیکوشیمیایی زغال فعال و تهیه کپسول خوراکی آن انجام شد. در ادامه، هر یک از این مراحل به تفصیل شرح داده می شود.

بررسی خواص فیزیکوشیمیایی زغال فعال

پودر زغال فعال مورد استفاده در این مطالعه از شرکت کربن فعال پارس رفسنجان خریداری شد. ابتدا خواص فیزیکوشیمیایی این پودر شامل مواد قابل حل در اسید، کلرید، سولفات، سولفید، ترکیبات سیانید، فلزات سنگین، عدد یدی و اندازه گیری سطح ویژه بررسی شد. آزمون ها مطابق استانداردهای بین المللی BP و USP انجام شد.

مواد قابل حل در اسید: جهت بررسی ناخالصی های محلول در اسید پودر زغال فعال، ۱ گرم از پودر با مخلوط حاصل از ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک (غلظت) به مدت ۵ دقیقه جوشانده و با استفاده از صافی چینی فیلتر شد. باقیمانده روی فیلتر با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر داغ شست و شو داده شد. مایع زیر صافی به مایع فیلتر شده قبلی اضافه و پس از اضافه نمودن ۱ میلی اسید سولفوریک (غلظت)، محلول را تا خشک شدن حرارت داده و سوزانده شد. در نهایت، جرم مواد باقی مانده اندازه گیری شد. بقایای موجود نباید بیش از ۳۵ میلی گرم (۳/۵ درصد) باشد (۱۳).

میزان کلرید: ابتدا ۳ گرم از زغال فعال در ۶۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۵ دقیقه جوشانده شد. از آنجاکه بر اثر جوشاندن کمی از آب محلول تبخیر شد، مقداری آب مقطر افزوده شد تا حجم مجدداً به ۶۰ میلی لیتر برسد. پس از فیلتر کردن مخلوط، ۱۰ میلی لیتر از مایع فیلتر شده برداشته شد و برای اندازه گیری کلرید از روش تیتراسیون استفاده شد. بدین منظور ابتدا ۱۰ میلی لیتر از محلول با ۲ قطره از اسید نیتریک ۱:۵ خنثی گردید؛ سپس ۶ قطره پتاسیم کرومات به عنوان معرف و در ادامه نیترات نقره ۰/۱ مولار تا ایجاد رسوب آجری رنگ به آن اضافه گردید. طبق فارماکوپه ۱۰ میلی لیتر از مایع مورد آزمایشگاه نباید میزان کلرید بیشتری از ۱/۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۰۲ مولار نشان دهد (۱۳).

میزان سولفات: در ادامه، جهت بررسی مقدار سولفات زغال فعال ۱۰ میلی لیتر از مایع فیلتر شده از قسمت قبل مورد استفاده قرار گرفت. محلول آزمایشی با آب مقطر به حجم ۳۰ میلی لیتر رسانده شد و با ۱ میلی لیتر اسید کلریدریک ۳ مولار خنثی گردید. سپس ۳ میلی لیتر از محلول باریم کلرید ۰/۵۸ مولار به آن اضافه و حجم با آب مقطر به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. مخلوط به دست آمده هم زده و به مدت ۱۰ دقیقه کنار گذاشته شد. در نهایت کدورت به وجود آمده با کدورت محلول شاهد مقایسه گردید. نباید میزان سولفات بیشتری از ۱ میلی لیتر اسید سولفوریک ۰/۰۱ مولار نشان دهد (۱۳).

زغال فعال یک ماده جاذب کریستالی است که از منابع طبیعی مانند پوسته نارگیل، پسته، زغال سنگ و چوب تولید می شود (۱). این ماده به دلیل ساختار متخلخل و مساحت سطح بسیار بالا، توانایی جذب طیف وسیعی از مواد شیمیایی، سموم و آلاینده ها را دارد (۲). زغال فعال در صنایع مختلف از جمله داروسازی، تصفیه آب و هوا، پزشکی و حتی زیبایی کاربرد گسترده ای پیدا کرده است (۳-۵). یکی از مهم ترین کاربردهای زغال فعال در صنعت داروسازی، استفاده از آن در کپسول های خوراکی برای کاهش جذب سموم در دستگاه گوارش است (۶). این ماده به ویژه در موارد مسمومیت های دارویی یا شیمیایی، مصرف بیش از حد داروها (۶) و مشکلات گوارشی مانند نفخ و اسهال مورد استفاده قرار می گیرد (۷، ۸).

زغال فعال با ایجاد پیوندهای فیزیکی و شیمیایی با مولکول های سموم و مواد مضر، از جذب آن ها توسط بدن جلوگیری می کند (۹). این فرایند جذب سطحی نامیده می شود و به عوامل مختلفی مانند اندازه ذرات زغال فعال، مساحت سطح آن و نوع سموم بستگی دارد (۱۰). هرچه مساحت سطح زغال فعال بیشتر باشد، توانایی جذب آن نیز افزایش می یابد (۱۱). به همین دلیل، زغال فعال در اشکال مختلفی مانند پودر، گرانول و قرص تولید می شود تا بتواند نیازهای مختلف صنعتی و پزشکی را برآورده کند (۱۲).

در سال های اخیر، با افزایش آگاهی از مزایای زغال فعال، تقاضا برای محصولات حاوی این ماده به طور قابل توجهی افزایش یافته است. در ایران، بخش عمده محصولات زغال فعال دارویی موجود در بازار وارداتی است و تولید داخلی این فرآورده ها محدود است. این وابستگی علاوه بر ایجاد هزینه های اقتصادی، می تواند دسترسی پایدار بیماران و مراکز درمانی به این محصول را تحت تأثیر قرار دهد. از این رو، توسعه و ارزیابی محصولات داخلی با کیفیت می تواند نقش مهمی در کاهش وابستگی به واردات، افزایش امنیت دارویی و حمایت از تولید ملی داشته باشد.

با توجه به اینکه تاکنون مطالعات محدودی به ارزیابی جامع ویژگی های فیزیکوشیمیایی زغال فعال داخلی و مقایسه آن با نمونه های تجاری پرداخته اند، خلأ پژوهشی در زمینه استاندارد سازی، کیفیت سنجی و امکان سنجی تولید کپسول های خوراکی زغال فعال در داخل کشور وجود دارد.

بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی دقیق خواص فیزیکوشیمیایی زغال فعال داخلی، تهیه کپسول خوراکی در دو شکل پودر و گرانول، و مقایسه نتایج حاصل با یک نمونه تجاری موجود در بازار انجام شد. یافته های این پژوهش می تواند مبنای مهمی برای توسعه صنعتی و دارویی زغال فعال داخلی و بهبود کیفیت محصولات تولیدی کشور باشد.

(۵٪/۱ وزن کل) منیزیم استتارات به عنوان لوبریكانت به فرمولاسیون اضافه شد. پودرها به خوبی باهم مخلوط گردید. سپس نشاسته را به عنوان به هم چسباننده در محلول گرانولاسیون وارد کردیم تا محلول چسبناک تهیه شود. محلول که حاوی چسب نشاسته است را روی مخلوط پودر پاشیده و ذرات پودر به هم چسبانده شد. اختلاف وزن محلول چسب نشاسته قبل و بعد از این مرحله به منظور محاسبه مقدار نشاسته مصرفی توسط پودرها، اندازه گیری شد و وزن کل محاسبه گردید (۱۶). در ادامه، توده خمیری تهیه شده از مش شماره ۱۶ عبور داده شد. ذرات درشت در آن با دمای ۴۰ درجه سانتی گراد خشک شد. در نهایت، برای یکسان سازی اندازه ذرات گرانولی نهایی از مش شماره ۱۲ با قطر ۱/۷ میلی متر عبور داده شدند (۱۷).

در مرحله بعد، کپسول ها به صورت دستی یا نیمه اتوماتیک پر شدند. برای این کار، پودر و گرانول زغال فعال به طور یکسان در کپسول ها توزیع شدند.

تست های پیش فرمولاسیون

برای ارزیابی خواص فیزیکی پودر و گرانول زغال فعال، تست های پیش فرمولاسیون انجام شد. این تست ها عبارتند از:

زاویه سکون: برای اندازه گیری زاویه سکون، پودر یا گرانول از یک قیف روی سطح صاف ریخته شد و زاویه تشکیل شده اندازه گیری شد (۱۸).

چگالی آزاد و چگالی فشردگی: برای اندازه گیری چگالی آزاد ابتدا پودر یا گرانول در یک استوانه مدرج ریخته شد، وزن و حجم اولیه اندازه گیری شد و پس از ضربه زدن، حجم نهایی جهت محاسبه چگالی فشردگی اندازه گیری شد (۱۸).

شاخص کار و نسبت هاسنر: این شاخص ها برای ارزیابی جریان پذیری پودر و گرانول با استفاده از داده های چگالی آزاد و فشردگی محاسبه شدند (۱۸).

تست های فارماسیوتیکس

پس از تهیه کپسول ها، تست های فارماسیوتیکس برای ارزیابی کیفیت آن ها انجام شد. این تست ها عبارتند از:

یکنواختی جرم: ده عدد کپسول به طور تصادفی انتخاب شدند و وزن آن ها اندازه گیری شد. سپس کپسول ها باز شده و پوسته خالی آن ها نیز وزن شدند. وزن محتوای کپسول ها براساس فرمول محاسبه شد. سپس میانگین جرم ۱۰ عدد کپسول محاسبه گردید (۱۹).

زمان باز شدن کپسول: زمان از هم باز شدن کپسول ها با استفاده از دستگاه مخصوص در محیط آب مقطر انجام شد. برای این منظور تعداد ۶ کپسول از فرمولاسیون تهیه شده انتخاب و هر کدام درون یکی از لوله های دستگاه قرار داده شدند و روی کپسول نیز یک دیسک پلاستیکی گذاشته شد. سپس یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری را با آب مقطر پر کرده و درون حمام آب گرم دستگاه گذاشته و دمای حمام روی ۳۷ درجه سانتی گراد تنظیم شد. در تمام زمانی که تایمر دستگاه کار می کند، به دقت کپسول ها مورد مشاهده دقیق قرار گرفت. زمان از هم باز شدن اولین و آخرین کپسول یعنی زمانی که کپسول باز شده و هیچ ذره ای روی الک ته لوله ها باقی نمانده باشد، دستگاه را متوقف کرده و آن زمان به عنوان زمان از هم باز شدن یا باز شدن کپسول ها ثبت گردید (۱۹).

میزان سولفید: ۰/۵ گرم زغال فعال را درون ارلن مایر دربار کوچک قرار داده و با اضافه کردن ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک، محتویات ارلن به آرامی جوشانده شد. بخارات ایجاد شده نباید کاغذ آغشته به استات سرب (۹/۵ گرم استات سرب در ۱۰۰ میلی لیتر آب جوشانده) را تیره کند (۱۳).

ترکیبات سیانوزن: در داخل بالن تقطیر ۵ گرم زغال فعال، ۵۰ میلی لیتر آب مقطر و ۲ گرم تارتاریک اسید قرار داده و به دستگاه تقطیر وصل شود. در یک ظرف گیرنده مناسب محلولی حاوی ۲ میلی لیتر سود ۱ مولار و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه نموده و در یخ قرار داده شود. انتهای دستگاه تقطیر طوری باشد که قطرات ایجاد شده نزدیک به سطح محلول موجود در ظرف گیرنده خارج شده و وارد محلول شوند. بالن تقطیر حاوی محلول را جوشانده و تا جمع آوری ۲۵ میلی لیتر عملیات تقطیر ادامه داده شود. محلول حاصل از تقطیر تا ۵۰ میلی لیتر با آب مقطر رقیق شده و ۲۵ میلی لیتر از این محلول ۱۲ قطره سولفات آهن (II) اضافه و محلول تا به جوش آمدن آن حرارت داده شود. پس از سرد کردن محلول و اضافه کردن ۱ میلی لیتر اسید کلریدریک (غلظت)، رنگ آبی نباید مشاهده گردد (۱۳).

فلزات سنگین: به منظور اندازه گیری فلزات سنگینی از جمله سرب و مس و روی در نمونه زغال فعال، ۱ گرم از زغال فعال با محلول حاوی ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۳ مولار و ۵ میلی لیتر محلول برم به مدت ۵ دقیقه جوشانده شد. چارکول بعد از فیلتر نمودن با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر داغ شست و شو داده شد. محلول حاصل از فیلتر و شست و شو تا خشک شدن تبخیر و سپس به بقایای ایجاد شده ۱ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱ مولار، ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۵ میلی لیتر اسید سولفورو اضافه گردید. محلول به جهت خروج دی اکسید گوگرد جوشانده و تا ۵۰ میلی لیتر رقیق گردید. ۲۰ میلی لیتر از این محلول به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده و فلزات سنگین موجود در آن شامل سرب، مس و روی با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (۱۳).

قدرت جذب (عدد یدی): در این آزمایش نمونه پودر زغال فعال و گرانول تهیه شده از آن با ۱۰ میلی لیتر ۵٪ HCl به مدت ۳۰ ثانیه جوشانده و سپس سرد گردید. پس از آن ۱۰۰ میلی لیتر محلول ید ۰/۱ نرمال به مخلوط اضافه شده و به مدت ۳۰ ثانیه هم زده شد. پس از فیلتر کردن محلول، ۵۰ میلی لیتر از آن با تیوسولفات سدیم نرمال ۰/۱ و در حضور نشاسته به عنوان شناساگر تیترو شد (۱۴).

تست BET برای ارزیابی سطح ویژه: برای ارزیابی سطح ویژه زغال فعال، از تست BET استفاده شد. در این تست، حجم گاز نیتروژن جذب شده توسط نمونه در دمای ثابت اندازه گیری شد و مساحت سطح ویژه محاسبه گردید (۱۵).

تهیه کپسول های زغال فعال

پس از بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی، کپسول های زغال فعال به دو شکل پودر و گرانول تهیه شدند.

گرانولاسیون مرطوب: ۱۵ گرم از پودر زغال فعال وزن شد. به آن ۲/۲۵ گرم (۸/۵٪ وزن کل) اویسل به عنوان بهبوددهنده جریان و ۰/۳ گرم

یافته‌ها

کل منافذ (حجم کل منافذ در نسبت فشار $P/P_0 = 0.990$) 0.1708 سانتی‌متر مکعب و میانگین قطر منافذ $1/8736$ نانومتر است. نتایج آزمایش BET انجام شده برای پودر نمونه کپسول خارجی (شرکت country life) زغال فعال (شکل ۳) نشان می‌دهد که مساحت سطح ویژه پودر استفاده شده 1198 مترمربع بر گرم است. همچنین حجم کل منافذ (حجم کل منافذ در نسبت فشار $P/P_0 = 0.990$) 0.5268 سانتی‌متر مکعب بر گرم و میانگین قطر منافذ $1/7589$ نانومتر است.

نتایج تست‌های پیشی فرمولاسیون

نتایج تست زاویه سکون: زاویه سکون با استفاده از رابطه زیر برای فرمولاسیون پودر زغال فعال و فرمولاسیون گرانول زغال فعال محاسبه شد و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

$$\tan \alpha = 2 \frac{h}{r}$$

از آزمون ناپارامتری من ویتنی برای مقایسه زاویه سکون پودر و گرانول استفاده شد. P-value بیشتر از 0.05 به دست آمد که نشان می‌دهد اگرچه میانگین زاویه سکون پودر کمی بزرگ‌تر از گرانول است، اما اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نیست.

نتایج تست‌های چگالی حجمی و چگالی فشردگی: از آزمون پارامتری t مستقل جهت مقایسه میانگین چگالی آزاد و چگالی فشردگی پودر و گرانول زغال فعال استفاده شد. نتیجه آزمون نشان می‌دهد تفاوت میان میانگین چگالی آزاد پودر و گرانول از نظر آماری معنادار نیست، زیرا مقدار p-value بزرگ‌تر از 0.05 است. همچنین برای چگالی فشردگی چون مقدار p-value کمتر از 0.05 است، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معناداری بین میانگین چگالی فشردگی پودر و گرانول وجود دارد. این نتایج نشان می‌دهند پودر زغال فعال به دلیل ذرات ریزتر، چگالی بالاتری دارد (جدول ۲).

شاخص کار و نسبت هاسنر: نتایج نشان دادند که گرانول‌ها در مقایسه با پودر زغال فعال، جریان‌پذیری بهتری دارند و از این نظر برای فرایندهای تولیدی، از جمله پر کردن کپسول، مناسب‌تر هستند (جدول ۳). برای مقایسه شاخص کار و نسبت هاسنر بین پودر و گرانول، از آزمون t مستقل استفاده شد. نتایج نشان داد که اختلاف مقادیر هر دو شاخص بین پودر و گرانول از نظر آماری معنادار بود ($P < 0.05$)، به طوری که مقادیر شاخص کار و نسبت هاسنر در گرانول‌ها کمتر از پودر بود که نشان‌دهنده بهبود جریان‌پذیری پس از گرانول‌سازی است.

نتایج تست‌های فارماسیوتیکس

یکنواختی جرم: وزن محتوای کپسول‌های پودری $267/7$ میلی‌گرم و کپسول‌های گرانولی $266/4$ میلی‌گرم بود. نمونه تجاری خارجی نیز وزن محتوای $276/7$ میلی‌گرم داشت. انحراف استاندارد برای همه نمونه‌ها کمتر از 5 درصد بود که نشان‌دهنده یکنواختی قابل قبول است (جدول ۴). از آزمون پارامتری anova جهت مقایسه یکنواختی جرم کپسول‌های

در این مطالعه، نتایج حاصل از بررسی خواص فیزیکوشیمیایی زغال فعال، تهیه کپسول‌ها و تست‌های انجام شده به طور دقیق تحلیل شدند. این نتایج نشان دادند که پودر زغال فعال مورد استفاده از کیفیت بالایی برخوردار است و کپسول‌های تولید شده نیز استانداردهای لازم را دارا هستند. در ادامه، جزئیات نتایج به تفکیک بخش‌های مختلف ارائه می‌شود.

نتایج بررسی خواص فیزیکوشیمیایی زغال فعال

مواد قابل حل در اسید: مقدار مواد باقی‌مانده پس از حل شدن در اسید سولفوریک 35 میلی‌گرم بود. مطابق با استانداردها، حداکثر میزان مجاز این ناخالصی‌ها 35 میلی‌گرم (معادل 3.5 درصد) تعیین شده است. به این ترتیب، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که زغال فعال مورد بررسی در حد مجاز قرار دارد و از نظر کیفیت قابل قبول است.

میزان کلرید: مقدار کلرید اندازه‌گیری شده در نمونه زغال فعال 0.25 میلی‌گرم بر لیتر بود که کمتر از حد مجاز ($1/5$ میلی‌گرم بر لیتر) است. این نتیجه نشان می‌دهد که زغال فعال فاقد کلرید اضافی است.

میزان سولفات: پس از افزودن باریم کلرید به محلول فیلتر شده، هیچ کدورتی مشاهده نشد که نشان‌دهنده عدم وجود سولفات اضافی در نمونه است.

میزان سولفید: بخارات حاصل از جوشاندن زغال فعال با اسید کلریدریک، کاغذ آغشته به استات سرب را تیره نکرد که نشان‌دهنده عدم وجود سولفید در نمونه است.

ترکیبات سیانید: پس از انجام تست تقطیر و افزودن سولفات آهن، هیچ رنگ آبی مشاهده نشد که نشان‌دهنده عدم وجود ترکیبات سیانید در زغال فعال است.

فلزات سنگین: نتایج تست جذب اتمی نشان داد که نمونه زغال فعال فاقد فلزات سنگین مانند سرب و روی است. مقدار مس اندازه‌گیری شده نیز 0.09 ppm بود که بسیار کمتر از حد مجاز است.

نتایج تست عدد یدی: در این پروژه، عدد یدی برای دو نمونه زغال فعال، شامل پودر و گرانول، اندازه‌گیری شد. عدد یدی پودر زغال فعال $719/9$ میلی‌گرم بر گرم بود که نشان‌دهنده ظرفیت جذب بسیار بالای پودر زغال فعال است. همچنین این عدد برای گرانول زغال فعال 520 میلی‌گرم بر گرم به دست آمد.

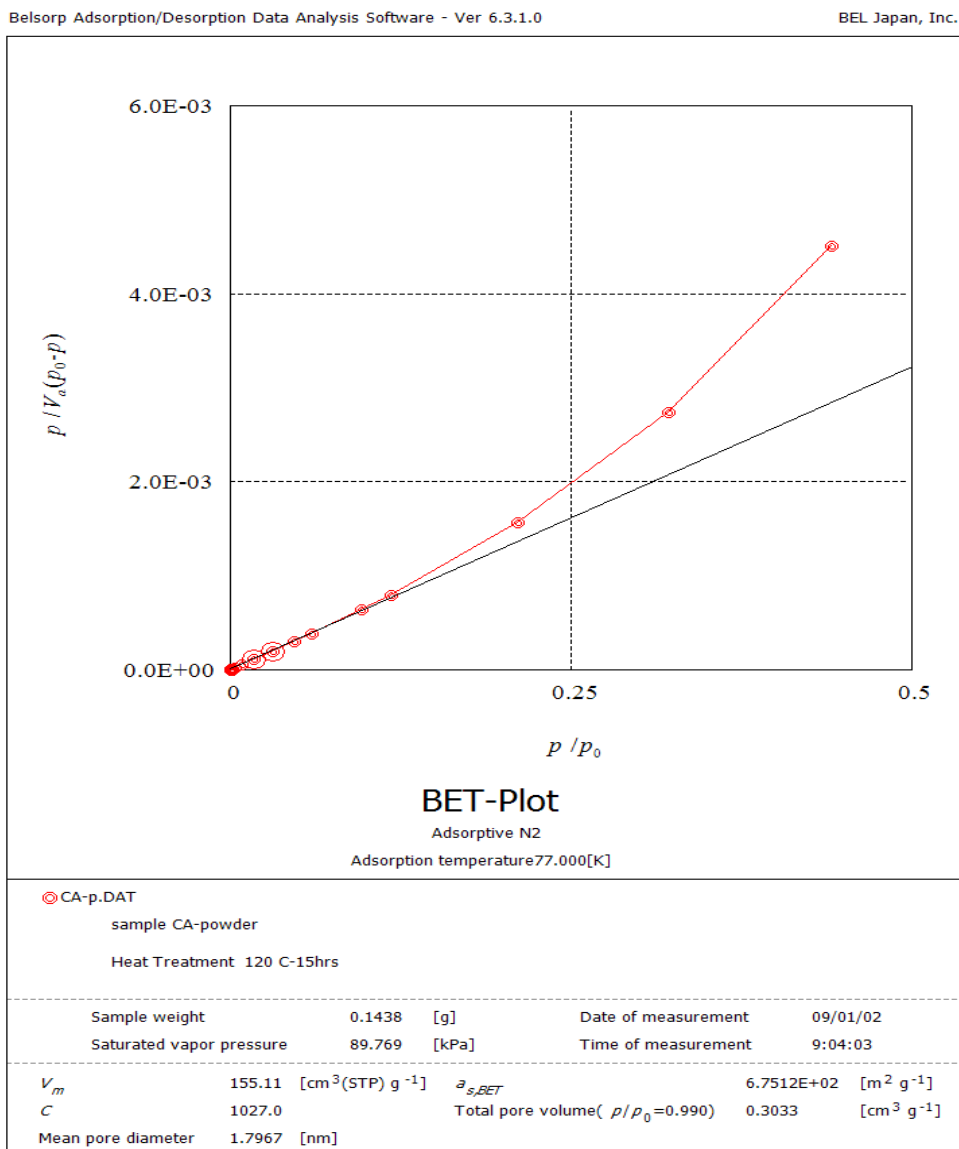
نتایج تست BET: نتایج آزمایش BET نشان می‌دهد که مساحت سطح ویژه پودر زغال فعال $675/12$ متر مربع بر گرم است. همچنین حجم کل منافذ (حجم کل منافذ در نسبت فشار $P/P_0 = 0.990$) 0.333 سانتی‌متر مکعب بر گرم و میانگین قطر منافذ $1/7967$ نانومتر است (شکل ۱).

نتایج آزمایش BET برای گرانول زغال فعال (شکل ۲) نشان می‌دهد که مساحت سطح ویژه آن $364/59$ متر مربع بر گرم است. همچنین حجم

پودر زغال فعال، گرانول زغال فعال و نمونه تجاری در آب ۳۷ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. نتایج آن در جدول ۵ ارائه گردیده است. زمان باز شدن کپسول های پودری و کپسول های گرانولی و نمونه تجاری خارجی در محدوده قابل قبول استاندارد قرار داشت. این نتایج نشان می دهند کپسول های تولید شده عملکردی مشابه با نمونه تجاری دارند.

تولید شده با پودر و گرانول زغال فعال و نمونه کپسول تجاری استفاده شد. P-value کمتر از ۰/۰۵ به دست آمد که نشان دهنده تفاوت معنی دار در میانگین کپسول ها است. در ادامه، با آزمون تعقیبی tukey مشخص شد تفاوت میان کپسول های تولید شده با کپسول نمونه خارجی معنی دار است و هر دو گروه کپسول تولیدی از لحاظ یکنواختی جرم تفاوت معناداری ندارند.

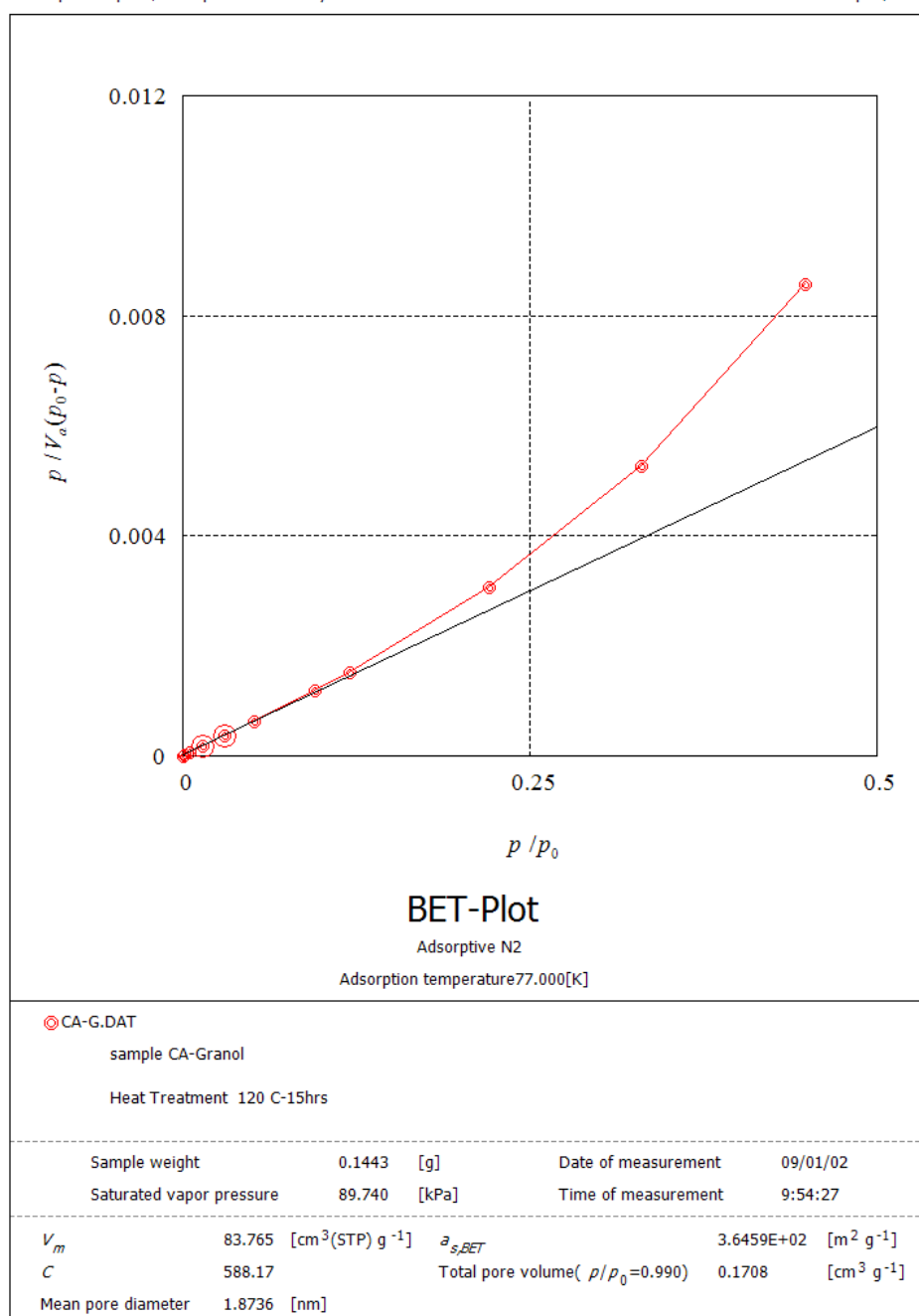
زمان باز شدن کپسول: زمان باز شدن کپسول (بر حسب دقیقه) حاوی



شکل ۱. آنالیز BET برای پودر زغال فعال

Belsorp Adsorption/Desorption Data Analysis Software - Ver 6.3.1.0

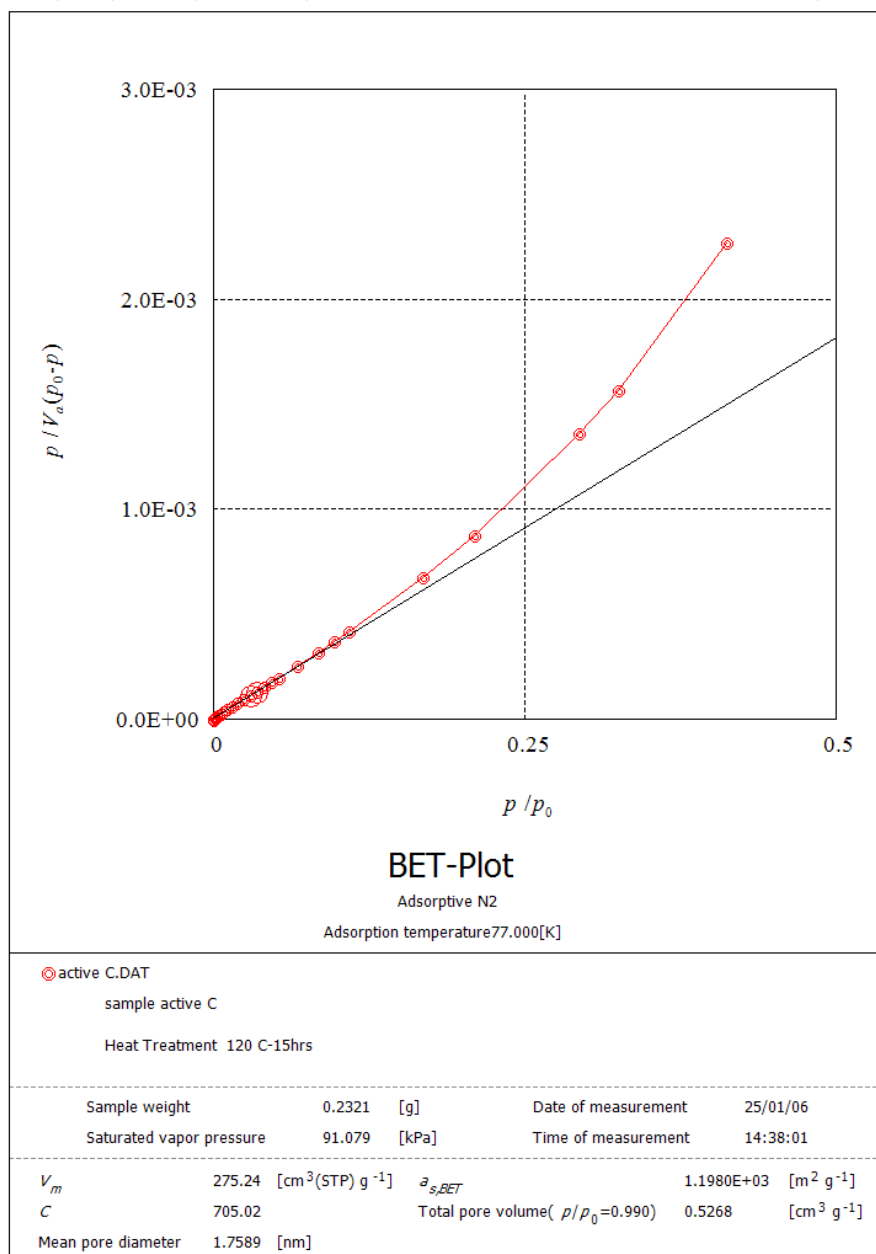
BEL Japan, Inc.



شکل ۲. آنالیز BET برای گرانول زغال فعال

Belsorp Adsorption/Desorption Data Analysis Software - Ver 6.3.1.0

BEL Japan, Inc.



شکل ۳. آنالیز BET برای پودر نمونه کپسول زغال فعال خارجی

جدول ۱. جریان پذیری پودر و گرانول زغال فعال براساس زاویه سکون ($n=3$ ، میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	حداقل زمان باز شدن (دقیقه)	حداکثر زمان باز شدن (دقیقه)
کپسول حاوی پودر زغال فعال	۱/۵۵	۳/۴۳
کپسول حاوی گرانول زغال فعال	۲/۰۲	۳/۳۰
نمونه تجاری	۲/۵۶	۴/۳۰

جدول ۲. چگالی حجمی و چگالی فشردگی پودر و گرانول زغال فعال ($n=3$ ، میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	چگالی حجمی (گرم بر میلی لیتر)	چگالی فشردگی (گرم بر میلی لیتر)
پودر زغال فعال	0.328 ± 0.02	0.507 ± 0.04
گرانول زغال فعال	0.291 ± 0.027	0.364 ± 0.068

جدول ۳. شاخص کار (Carr's Index) و نسبت هاسنر (Hausner's Ratio) پودر و گرانول زغال فعال ($n=3$ ، میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	نسبت هاسنر (درصد)	شاخص کار (درصد)	تخلخل پودر (درصد)
پودر زغال فعال	1.498 ± 0.22	33.27 ± 0.994	۳۴
گرانول زغال فعال	1.241 ± 0.122	18.643 ± 8.171	۲۰

جدول ۴. یکنواختی جرم کپسول های تهیه شده (فرمولاسیون پودری و گرانولی) در مقایسه با نمونه تجاری ($n=20$ ، میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	وزن (میلی گرم)
کپسول حاوی پودر زغال فعال	267.7 ± 5.933
کپسول حاوی گرانول زغال فعال	266.4 ± 5.102
نمونه کپسول تجاری	276.7 ± 7.156

جدول ۵. زمان باز شدن کپسول های حاوی پودر و گرانول زغال فعال در مقایسه با کپسول نمونه تجاری ($n=2$ ، میانگین $\pm$ انحراف معیار)

گروه	زاویه سکون (درجه)
پودر زغال فعال	17.07 ± 3.4308
گرانول زغال فعال	15.69 ± 0.4582

بحث

نتایج این مطالعه نشان می دهد که زغال فعال مورد استفاده در این تحقیق از کیفیت بالایی برخوردار است و می تواند به عنوان ماده اولیه مؤثر در تولید کپسول های خوراکی به کار رود. همچنین، این مطالعه اثبات می کند که تولید داخلی کپسول های زغال فعال نه تنها از نظر فنی امکان پذیر است، بلکه از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه بوده و می تواند جایگزین مناسبی برای نمونه های خارجی باشد.

نتایج بررسی خواص فیزیکوشیمیایی زغال فعال نشان داد این ماده فاقد ناخالصی های خطرناک مانند ترکیبات سیانید، سولفید و فلزات سنگین است. این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا وجود این ناخالصی ها می تواند اثرات منفی بر سلامت انسان داشته باشد. عدد یدی

اندازه گیری شده برای پودر زغال فعال (۶۷۵ میلی گرم بر گرم) و گرانول (۵۲۰ میلی گرم بر گرم) نشان دهنده ظرفیت جذب بالای این ماده است که آن را برای کاربردهای درمانی و صنعتی مناسب می کند. نتایج BET، تخلخل و سطح ویژه مطلوب زغال فعال را تأیید می کند. این ویژگی موجب افزایش کارایی در جذب آلاینده ها می شود. پودر زغال فعال نمونه خارجی (۱۱۹۸ متر مربع بر گرم) دارای بالاترین سطح ویژه است که نشان دهنده ظرفیت جذب بسیار بالای آن است. سطح ویژه پودر زغال فعال داخلی و گرانول به ترتیب ۶۷۵/۱۲ و ۳۶۴/۵۹ متر مربع بر گرم اندازه گیری شد. این تفاوت می تواند ناشی از تفاوت در اندازه ذرات، روش های فعال سازی و تکنولوژی تولید باشد. براساس تحلیل نمودارهای BET، پودر زغال فعال دارای ساختار متخلخل یکنواخت و فرایند جذب و واجذب برگشت پذیر است، که باعث جذب سریع تر مواد می شود و برای موارد اورژانسی مناسب

مقرون به صرفه است.

برای دستیابی به نتایج بهتر و بهبود فرایند تولید، پیشنهاد می شود در مطالعات آینده از دستگاه های تمام اتوماتیک برای پرکردن کپسول ها استفاده شود تا دقت و سرعت تولید افزایش یابد. همچنین، بررسی روش های نوین فعال سازی زغال فعال به منظور افزایش مساحت سطح ویژه و ظرفیت جذب آن می تواند به عنوان موضوعی برای تحقیقات آتی در نظر گرفته شود. این اقدامات می توانند به توسعه بیشتر این فناوری و تولید محصولاتی با کیفیت بالاتر کمک کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

مقاله حاضر حاصل بخشی از پایان نامه دکترای حرفه ای هستی دریا زاده در رشته داروسازی عمومی، مرکز تحقیقات سم شناسی، پژوهشکده علوم پایه پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز است که در حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز با کد -TRC 0319 تصویب شده است. کد اخلاق این کار IR.AJUMS.REC 1403.445 است.

حامی مالی

حامی مالی این مطالعه دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی و نگارش: هستی دریا زاده و مهسا طولابی، گردآوری داده ها: هستی دریا زاده، تحلیل داده ها: ندا باورصاد، علی اصغر همتی، آذر مستوفی، سیدرضا علوی و مهسا طولابی، نقد و تدوین: مهسا طولابی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز که بودجه این کار را فراهم کردند و نیز گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز که امکانات لازم را در اختیار قرار دادند، تشکر و قدردانی می کنند.

است. در مقابل، گرانول زغال فعال ساختار متخلخل غیر یکنواخت و فرایند جذب و واجذب تا حدی غیر برگشت پذیر دارد، که زمان دفع مواد را افزایش می دهد. این تفاوت ها بر کاربردهای درمانی هر دو شکل تأثیر گذار است. از نظر خواص جریان پذیری، چگالی، یکنواختی جرم و زمان باز شدن کپسول های زغال فعال (به دو شکل پودر و گرانول)، نتایج نشان داد که گرانول ها به دلیل ساختار فشرده تر و ذرات بزرگ تر، جریان پذیری بهتری نسبت به پودر دارند و برای فرایندهای صنعتی مانند پرکردن کپسول ها مناسب تر هستند. از سوی دیگر، پودر زغال فعال به دلیل سطح ویژه بالاتر، ظرفیت جذب بیشتری دارد و برای کاربردهایی که نیاز به جذب سریع و ظرفیت جذب بالا دارند، مانند درمان مسمومیت ها، مناسب تر است.

کپسول های تولید شده از نظر یکنواختی جرم و زمان باز شدن، عملکردی مشابه با نمونه تجاری خارجی داشتند. یکنواختی جرم کپسول ها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا عدم یکنواختی می تواند باعث تغییر در دوز مؤثر دارو و کاهش اثربخشی درمان شود. زمان باز شدن کپسول ها نیز باید به گونه ای باشد که ماده فعال به سرعت در دستگاه گوارش آزاد شود. نتایج این مطالعه نشان داد کپسول های تولید شده در زمان مناسب باز می شوند و عملکردی مشابه با نمونه تجاری دارند.

تولید داخلی کپسول های زغال فعال از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. این کاهش هزینه ها ناشی از استفاده از مواد اولیه داخلی و کاهش هزینه های حمل و نقل است. علاوه بر این، تولید داخلی این کپسول ها وابستگی به واردات را کاهش می دهد و می تواند به عنوان گامی مهم در جهت خودکفایی در صنعت داروسازی کشور باشد.

با این حال، مطالعه حاضر با محدودیت هایی همراه بود؛ از جمله استفاده از تنها یک نوع زغال فعال و محدود بودن برخی ارزیابی ها به آزمون های آزمایشگاهی. همچنین، مطالعات پایداری و بررسی کارایی بالینی کپسول های تهیه شده انجام نشد. بر این اساس، پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی، منابع مختلف زغال فعال داخلی مورد مقایسه قرار گیرند، مطالعات پایداری و ارزیابی های بالینی طراحی شود و امکان بهینه سازی فرمولاسیون به صورت جامع بررسی گردد.

نتیجه گیری

زغال فعال به دلیل ظرفیت جذب بالا، در درمان مسمومیت ها، مصرف بیش از حد داروها و مشکلات گوارشی مانند نفخ و اسهال کاربرد گسترده ای دارد. کپسول های تولید شده در این مطالعه می توانند به عنوان یک گزینه درمانی مؤثر و ایمن در دسترس بیماران قرار گیرند. نتایج این مطالعه گامی مهم در جهت خودکفایی و توسعه صنعت داروسازی داخلی محسوب می شود. با توجه به کیفیت بالای پودر زغال فعال و عملکرد مطلوب کپسول های ساخته شده، این محصول می تواند به عنوان یک گزینه درمانی مؤثر و ایمن در اختیار بیماران قرار گیرد. تولید داخلی این کپسول ها نه تنها وابستگی به واردات را کاهش می دهد، بلکه از نظر اقتصادی نیز

References

- Rodriguez-Reinoso F. Activated carbon and adsorption. Encyclopedia of materials: Science and technology. 2001:22-34.
- Heidarinejad Z, Dehghani MH, Heidari M, Javedan G, Ali I, Sillanpää M. Methods for preparation and activation of activated carbon: a review. Environmental Chemistry Letters. 2020 Mar;18(2):393-415.
- Alves AT, Lasmar DJ, de Andrade Miranda IP, da Silva Chaar J, dos Santos Reis J. The potential of activated carbon in the treatment of water for human consumption, a study of the state of the art and its techniques used for its development. Advances in Bioscience and Biotechnology. 2021 Jun 11;12(06):143-53.
- Sanchez N, Fayne R, Burroway B. Charcoal: An ancient material with a new face. Clinics in Dermatology. 2020 Mar 1;38(2):262-4. [[10.1016/j.clindermatol.2019.07.025](https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2019.07.025)][PMID]
- Mikhailovsky SV, Nikolaev VG. Activated carbons as medical adsorbents. In Interface Science and Technology 2006 Jan 1 (Vol. 7, pp. 529-561). Elsevier.
- Al Jumaan MA. The role of activated charcoal in prehospital care. Medical Archives. 2023 Feb;77(1):64. [[10.5455/medarh.2023.77.64-69](https://doi.org/10.5455/medarh.2023.77.64-69)][PMID]
- Hoegberg LC, Shepherd G, Wood DM, Johnson J, Hoffman RS, Caravati EM, Chan WL, Smith SW, Olson KR, Gosselin S. Systematic review on the use of activated charcoal for gastrointestinal decontamination following acute oral overdose. Clinical toxicology. 2021 Dec 2;59(12):1196-227. [[10.1080/15563650.2021.1961144](https://doi.org/10.1080/15563650.2021.1961144)][PMID]
- Senderovich H, Vierhout MJ. Is there a role for charcoal in palliative diarrhea management. Current medical research and opinion. 2018 Jul 3;34(7):1253-9. [[10.1080/03007995.2017.1416345](https://doi.org/10.1080/03007995.2017.1416345)][PMID]
- Juurink DN. Activated charcoal for acute overdose: a reappraisal. British journal of clinical pharmacology. 2016 Mar;81(3):482-7. [[10.1111/bcp.12793](https://doi.org/10.1111/bcp.12793)][PMID]
- Eddleston M, Juszczak E, Buckley NA, Senarathna L, Mohamed F, Dissanayake W, Hittarage A, Azher S, Jeganathan K, Jayamanne S, Sheriff MR. Multiple-dose activated charcoal in acute self-poisoning: a randomised controlled trial. The Lancet. 2008 Feb 16;371(9612):579-87. [[10.1016/S0140-6736\(08\)60270-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60270-6)][PMID]
- Hamman J, Steenekamp J. Excipients with specialized functions for effective drug delivery. Expert opinion on drug delivery. 2012 Feb 1;9(2):219-30. [[10.1517/17425247.2012.647907](https://doi.org/10.1517/17425247.2012.647907)][PMID]
- Keller RE, Schwab RA, Krenzelok EP. Contribution of sorbitol combined with activated charcoal in prevention of salicylate absorption. Annals of Emergency Medicine. 1990 Jun 1;19(6):654-6. [[10.1016/s0196-0644\(05\)82470-9](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(05)82470-9)][PMID]
- Meltzer TH. The validation of pharmaceutical water systems. Validation of Pharmaceutical Processes. 2007 Sep 25:59.
- Nunes CA, Guerreiro MC. Estimation of surface area and pore volume of activated carbons by methylene blue and iodine numbers. Química Nova. 2011;34:472-6.
- Ambroz F, Macdonald TJ, Martis V, Parkin IP. Evaluation of the BET Theory for the Characterization of Meso and Microporous MOFs. Small methods. 2018 Nov;2(11):1800173.
- Shaukat Mahmud SM, Rizwani GH, Huma Shareef HS, Shahnaz Gauhar SG, Sumaira Ishaq SI, Rehana Perveen RP. Development of standardized formulation of mono herbal (250 mg) capsule.
- Forster SP, Dippold E, Haser A, Emanuele D, Meier R. Integrated continuous wet granulation and drying: process evaluation and comparison with batch processing. Pharmaceutics. 2023 Sep 14;15(9):2317. [[10.3390/pharmaceutics15092317](https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15092317)][PMID]
- Prajapati BG, Patel KR. Once a Day Tablet of Nicorandil for the treatment of angina: in-vitro Study.
- Ansel HC, Allen LV, Popovich NG. Ansel's pharmaceutical Dosage forms and Drug Delivery System, Eight Edition.



Authors retain the copyright and full publishing rights. Published by [Ahvaz Jundishapur University of Medical Science](https://www.jundishapur.ac.ir). This article is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).