JAER

2026, 2(1): 11-18

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

The effect of fermentation by *Bacillus subtilis* and *Aspergillus niger* on nutritional value of corn bran based on the TOPSIS multi-criteria decision making method

Habib Allah Zare Harofte [1*], Behruz Dastar [1], Omid Ashayerizadeh [1], Javad Bayat Koohsar [2]

[1] Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

[2] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbade Kavoos University, Gonbade Kavoos, Iran

Key Words

Corn bran
Microbial fermentation
Nutritional value
TOPSIS multi-criteria decision

Abstract

Introduction: This study was conducted to determine the effect of microbial fermentation with *Bacillus Subtilis* and *Aspergillus niger* on nutritional value of corn bran on different fermentation days (0, 1, 7, 14, 21 and 28) in a completely randomized design and then the experimental treatments were compared based on the TOPSIS model.

Materials & Methods: *Bacillus subtilis* (PTCC-1156) and Aspergillus Niger (PTCC-5010) were obtained as lyophilized vials from the Iranian Scientific and Industrial Research Organization's Fungus and Bacteria Collection Center. Bacterial and fungal lyophilized vials were activated at 37 °C and 25 °C, in modified rugose broth media and potato dextrose agar broth, respectively. One kilogram of corn bran was inoculated with one liter of distilled water and the inoculum (containing at least 10^5 colony-forming units per mL). A mixture of corn bran and fungal or bacterial inoculum was preserved in plastic nylon bags at 25 °C for 0. 7, 14, 21 and 28 days to complete the fermentation process.

Results: The results of the present study showed that pH, ADF, NDF and crude fiber decreased on day 21 compared to day 0 significantly ($p<0.05$). Fermentation of corn bran caused a 1.04% increase in the amount of crude protein for day 21 after fermentation, but no significant difference was observed in the amount of crude protein on days 7, 14 and 28 ($p<0.05$). Fermentation of corn bran on days 14, 21 and 28 after fermentation had a significant effect on NPN amount ($p<0.05$), which lowest value was found on day 28 of fermentation. The concentration of gross energy showed an increasing trend with increasing fermentation time and the highest amount of gross energy was related to 21 d. In this study, as a result of fermentation, the mass density of corn bran increased significantly from 0.306 g on day 0 to a maximum of 0.330 g/cm3 on day 21 ($p<0.05$). According to the TOPSIS model, corn bran fermentation improves its nutritional value compared to corn bran, regardless of the fermentation time.

Conclusion: The results of this experiment showed that the microbial fermentation process with *Bacillus subtilis* and *Aspergillus niger* for 14 days can effectively and efficiently improve the nutritional value of corn bran.

Article info

* Corresponding Author's email: habibzare58@gmail.com

Received: 2 January 2025
Reviewed: 7 February 2025
Revised: 16 April 2025
Accepted: 21 May 2025

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی اثر تخمیر با باسیلوس سابتلیس و آسپرژیلوس نایجر بر ارزش تغذیه‌ای سبوس ذرت بر اساس روش تصمیم‌گیری چند شاخصه تاپسیس

حبیب‌اله زارع‌هرفته*[۱]، بهروز دستار[۱]، امید عشایری‌زاده[۱]، جواد بیات‌کوهسار[۲]

[۱] گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۲] گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

کلمات کلیدی

سبوس ذرت
تخمیر میکروبی
ارزش تغذیه‌ای
چند شاخصه تاپسیس

چکیده

مقدمه: مطالعه‌ای به‌منظور بررسی تأثیر تخمیر میکروبی بر ارزش تغذیه‌ای سبوس ذرت در زمان‌های مختلف (صفر، ۷، ۱٤، ۲۱ و ۲۸) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در این مطالعه، سبوس ذرت با ترکیبی از باسیلوس سابتیلیس و آسپرژیلوس نایجر تخمیر شد و تأثیر آن بر ترکیب شیمیایی، چگالی، انرژی خام و pH در روزهای مختلف تخمیر بررسی شد.

مواد و روش‌ها: باکتری باسیلوس سابتیلیس و قارچ آسپیروژیلوس نایجر به شکل ویال‌های لئوفیلیزه از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. فعال‌سازی ویال‌های لیوفیلیزه و تهیه کشت آغازگر از باکتری و قارچ به‌ترتیب در محیط‌های MRS- broth در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و PDA در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از آن به هر کیلوگرم از سبوس ذرت، یک لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر (حاوی حداقل 10^{6} واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) اضافه شدند. مخلوط حاصل در نایلون پلاستیکی به‌مدت صفر، ۷، ۱٤، ۲۱ و ۲۸ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد جهت فرآیند تخمیر نگه‌داری شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که pH، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و الیاف خام در روز ۲۱ در مقایسه با روز صفر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/05$). تخمیر سبوس ذرت باعث افزایش ۱/۰٤ درصدی در مقدار پروتئین خام برای روز ۲۱ پس از تخمیر شد، اما برای روزهای ۷، ۱٤ و ۲۸ هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار پروتئین خام وجود نداشت ($P<0/05$). تخمیر سبوس ذرت تأثیر معنی‌داری بر محتوی نیتروژن غیر پروتئینی برای روزهای ۱٤، ۲۱ و ۲۸ پس از تخمیر داشت ($P<0/05$) که پایین ترین مقدار آن مربوط به روز ۲۸ تخمیر بود. غلظت انرژی خام با افزایش زمان تخمیر روند افزایشی نشان داد که بالاترین مقدار انرژی خام به‌ترتیب مربوط به روز ۲۱ام بود. چگالی توده سبوس ذرت در نتیجه تخمیر از ۰/۳۰٦ گرم در روز صفر به حداکثر ۰/۳۳۰ گرم در سانتی‌متر مکعب در روز ۲۱ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/05$). بر اساس مدل تاپسیس تخمیر سبوس ذرت، صرف نظر از مدت زمان تخمیر، سبب بهبود ارزش تغذیه‌ای آن می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان داد که فرآیند تخمیر میکروبی با ترکیبی از باسیلوس سابتیلیس و آسپرژیلوس نایجر برای بیش‌تر از ۱٤ روز به‌طور مؤثر سبب بهبود ارزش تغذیه‌ای سبوس ذرت می‌گردد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
habibzare58@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳ دی ۱٤۰۳
تاریخ داوری: ۱۹ بهمن ۱٤۰۳
تاریخ اصلاح: ۲۷ فروردین ۱٤۰٤
تاریخ پذیرش: ۳۱ اردیبهشت ۱٤۰٤

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در جهان است که برای اهداف مختلفی نظیر تولید دانه برای خوراک دام و طیور و محصولات غذایی و جانبی حاصل از ذرت تولید می‌شود. ذرت منبع اصلی تامین انرژی در تنظیم جیره‌های طیور است به طوری که حدود ۵۵-۴۵ درصد از اجزای جیره را شامل می‌شود (۵). در طی سال‌های اخیر قیمت ذرت مشابه سایر اجزای تشکیل دهنده جیره افزایش یافته است که بخشی از آن به‌دلیل مصرف انسانی آن است که منجر به افزایش قیمت جیره و در نهایت افزایش هزینه تولید در گله‌های طیور شده است. بنابراین نیاز است تا از سایر منابع انرژی ارزان‌تر که در دسترس باشند، استفاده شود (۶). محصولات فرعی حاصل از صنایع کشاورزی توان بالایی برای کاهش هزینه جیره غذایی حیوانات دارند (۱۷). اما استفاده از محصولات فرعی حاصل از صنایع کشاورزی در جیره‌های غذایی طیور به‌دلیل این‌که حاوی مقادیر زیادی مواد ضد مغذی هستند با محدودیت همراه می‌باشد (۲۳). سبوس ذرت، غشای خارجی یا همان پوسته ذرت است که یکی از محصولات جانبی فرآیند تولید نشاسته می‌باشد. میزان پروتئین سبوس ذرت ۱۰ الی ۱۲ درصد بوده و هم چنین حدوداً ۲۲ درصد نشاسته، ۵ درصد روغن و ۱۵ درصد فیبر دارد و از بهترین مواد غذایی برای تغذیه حیوانات است. قابلیت هضم سبوس ذرت در حیوانات تک معده‌ای مانند طیور به‌دلیل فیبر خام بالا کم است. به همین دلیل استفاده از روش‌های مختلف همواره مورد توجه است تا پرورش‌دهندگان بتوانند از آن در جیره‌های طیور بدون این‌که تأثیر مخربی بر عملکرد پرندگان داشته باشد، استفاده کنند (۱۰). تخمیر حالت جامد (SSF: Solids state Fermentation) به‌عنوان روشی بیوتکنولوژی روشی موثر است که برای اصلاح مواد بیولوژیکی و کاهش محتوای فیبر خوراک مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲). خوراک‌های تخمیری توسعه جدیدی در صنعت دام و طیور محسوب می‌شوند که دارای توان بهبود سلامتی، تولید و عملکرد دام‌های مصرف‌کننده هستند (۲۷). تخمیر حالت جامد به‌عنوان فرآیند تخمیری تعریف می‌شود که در غیاب و یا تقریباً عدم حضور آب آزاد انجام می‌شود (۲۵) که سوبسترای جامد باید به‌اندازه کافی حاوی رطوبت باشد. به‌طورکلی سوبسترای جامد شرایط محیطی مناسبی برای رشد و متابولیسم انواع میکروارگانیزم‌ها مانند باکتری، مخمر و قارچ فراهم می‌کند. تکنیک تخمیر میکروبی روشی کارآمد و موثر برای کاهش اسیدفایتیک در کنجاله کنجد می‌باشد (۳۷). در بین آن‌ها قارچ‌های رشته‌ای در مقایسه با سایر میکروارگانیزم‌ها به دلیل رشد میسیلیوم بر سطح ذرات مواد و درون آن‌ها برای فرآیند تخمیر حالت جامد مناسب‌ترند (۲۱). در طول تخمیر میکروارگانیزم‌ها از منابع انرژی و کربن جهت رشد و متابولیسم استفاده می‌کنند. در تخمیر حالت جامد آنزیم‌هایی مانند فیتاز، آمیلاز، سلولاز، پروتئاز، آلفا-گالاکتوسیداز، لیپاز و هم‌چنین اسیدهای آلی مانند اسیدلاکتیک، اسیداستیک و اسیدسیتریک تولید می‌شوند (۱۸). خوراک‌های تخمیری دارای pH پایین، غلظت بالایی از اسیدلاکتیک و اسیدهای چرب فرار مختلف و مقادیر زیادی باکتری‌های لاکتوباسیل می‌باشند (۳۲، ۲۷). کیفیت خوراک تخمیری بستگی به اثرات متقابل بین میکروارگانیسم‌های موجود (باکتری، قارچ و مخمر)، پارامترهای تخمیر (زمان، دما، رطوبت خوراک) و ترکیب سوبسترا (کربوهیدرات‌ها، فیبر خام و پروتئین) دارد (۲۱). pH پایین و تعداد بالای لاکتوباسیل‌ها در خوراک تخمیر شده جوجه‌های گوشتی باعث ممانعت از رشد باکتری‌هایی مانند سالمونلا تیفیموریوم و ایشرشیا کلی در جیره جوجه‌ها می‌شود (۲۲). تکنیک تخمیر میکروبی باعث کاهش فیبر خام، ماده خشک و افزایش پروتئین خام و جمعیت باکتری‌های اسیدلاکتیک گردید (۳۸). مطالعات متعددی در مورد بهبود ارزش تغذیه‌ای سبوس گندم (۱۴)، کنجاله کلزا (۳)، کنجاله تخم پنبه دانه (۱۳)، کنجاله هسته پالم (۱۹) و کنجاله سویا (۲۰) به‌کمک روش تخمیر حالت جامد انجام شده است. کمپلکس‌های آنزیمی میکروبی در هنگام تخمیر قادر به تجزیه پلی‌ساکاریدهای پیچیده هستند. از این‌رو، انتظار می‌رود در هنگام تخمیر سبوس ذرت، آنزیم‌های میکروبی با تجزیه سلولز سبب کاهش مقدار فیبر خام شوند. علاوه بر این، تخمیر ممکن است سبوس ذرت را با متابولیت‌های مطلوب حاصل از میکروارگانیسم‌ها غنی سازد و طعم آن را به‌منظور بهبود عملکرد رشد در جیره‌های غذایی پرندگان تغذیه شده حاوی سبوس ذرت تخمیر شده بهبود بخشد (۱۰). لذا، هدف از انجام این مطالعه بررسی تاثیر فرایند تخمیر حالت جامد بر ارزش تغذیه‌ای سبوس ذرت بود. در هنگام تخمیر میکروبی ماده خوراکی بسته به‌مدت زمان تخمیر، برخی از شاخص‌های نامطلوب نظیر مقدار فیبر خام کاهش و برخی از شاخص‌های مطلوب نظیر مقدار پروتئین افزایش می‌یابند. در این حالت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه نظیر مدل تاپسیس می‌تواند در تعیین زمان بهینه تخمیر کمک کند. لذا، هدف از انجام این مطالعه بررسی تاثیر فرایند تخمیر حالت جامد بر ارزش تغذیه‌ای سبوس ذرت و تعیین زمان بهینه تخمیر بر اساس مدل تاپسیس بود.

مواد و روش‌ها

سبوس ذرت با ترکیبی از (باکتری باسیلوس سابتیلیس و قارچ آسپرژیلوس نایجر) برای مدت ۲۸ روز تخمیر شد. باکتری باسیلوس سابتیلیس PTCC-1156 و قارچ آسپیروژیلوس نایجر PTCC-5010

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

به شکل ویال‌های لئوفیلیزه از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. فعال‌سازی ویال‌های لیوفیلیزه و تهیه کشت آغازگر از باکتری و قارچ به‌ترتیب در محیط‌های MRS- broth در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و PDA در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از آن به هر کیلوگرم از سبوس ذرت، یک لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر (حاوی حداقل 10^5 واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) اضافه شدند. روش تخمیر بدین صورت بود که سبوس ذرت به نسبت ۱ به ۱/۲ با آب مخلوط شده (۱ قسمت سبوس ذرت: ۱/۲ قسمت آب) و سپس حداقل 1×10^5 واحد تشکیل اسپور در میلی‌لیتر از کشت آغازگر (حاوی حداقل 10^5 واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) اضافه شدند. مخلوط حاصل در نایلون‌های پلاستیکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد جهت فرآیند تخمیر نگه‌داری شدند. ترکیب شیمیایی سبوس خام و هم‌چنین در فاصله‌های زمانی صفر (همان روز تخمیر)، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز پس از تخمیر در ۵ نمونه اندازه‌گیری شد. پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام و خاکستر (۴)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۳۱) نیتروژن غیرپروتئینی (۱۶) و چگالی توده (۲۶) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین pH ۵۰ گرم نمونه با ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد سپس مقدار آن به‌طور مستقیم با pH متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد (۳). داده‌های آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به‌کمک آزمون توکی انجام شد. برای بررسی ارتباط هر یک از صفات اندازه‌گیری با مدت زمان تخمیر، ابتدا احتمال آن به‌روش مقایسات مستقل چندجمله‌ای تعیین و در صورت معنی‌دار بودن ($p<0/05$) مدل خطی (درجه ۱) یا مدل کوادراتیک (درجه ۲) تعیین شد. برای آنالیز آماری از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) استفاده شد. برای تعیین بهترین تیمار بر اساس معیارهای اندازه‌گیری شده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه مدل تاپسیس استفاده شد. برای این منظور ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل و پس از نرمال نمودن آن، وزن‌دهی معیارها به‌کمک روش آنتروپی شانون انجام شد تا ماتریس مقیاس موزون تشکیل شود. سپس راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی تعیین و فاصله تیمارهای آزمایش تا هر یک از ایده‌آل‌های مثبت و منفی به‌دست آمد. پس از آن نسبت نزدیکی هر یک از تیمارهای آزمایش به گزینه ایده‌آل تعیین و بر این اساس تیمارهای آزمایش رتبه‌بندی شدند (۹).

نتایج

تأثیر فرآیند تخمیر حالت جامد بر ترکیب شیمیایی سبوس ذرت در جدول ۱ گزارش شده است. نتایج نشان داد که تخمیر تاثیر معنی‌داری بر ترکیب شیمیایی سبوس ذرت در زمان‌های مختلف پس از تخمیر داشت ($p<0/05$). بیش‌ترین مقدار خاکستر مربوط به روز ۱۴ پس از تخمیر و کم‌ترین مقدار مربوط به ۷ روز پس از تخمیر بود. در عین‌حال، هیچ‌گونه روند خطی یا کوادراتیک مشاهده نشد. روند تغییرات چربی خام با گذشت زمان تخمیر خطی بود به‌گونه‌ای که به ازای هر روز افزایش مدت تخمیر مقدار چربی خام ۰/۰۴۳ درصد کاهش یافت. تخمیر سبوس ذرت با کاهش خطی ۰/۸۵ به ازای هر روز موجب کاهش فیبر خام به میزان ۲/۲۳ درصد (از ۱۳/۲۲ به ۱۱/۰۰ درصد)، با روش کاهش خطی ۰/۱۳۶ درصد به ازای هر روز سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌میزان ۳/۰۶ درصد (از ۲۶/۳۰ به ۲۳/۲۴ درصد) و با روش کاهش خطی ۰/۱۱۸ درصد به ازای هر روز سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی به میزان ۳/۹۲ درصد (از ۴۶/۰۰ به ۴۲/۰۸ درصد) از روز صفر تا روز ۲۸ پس از تخمیر گردید ($p<0/05$). بیش‌ترین مقدار پروتئین خام مربوط به روز ۲۱ پس از تخمیر بود که نسبت به ابتدای تخمیر افزایش معنی‌دار ۱/۰۴ درصدی نشان داد ($p<0/05$). با این حال، برای روزهای ۷، ۱۴ و ۲۸ هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار پروتئین خام وجود نداشت و هیچ‌گونه روند خطی یا کوادراتیک مشاهده نشد. تخمیر سبوس ذرت تأثیر معنی‌داری بر محتوی نیتروژن غیر پروتئینی برای روزهای ۱۴، ۲۱ و ۲۸ پس از تخمیر داشت ($p<0/05$) و پایین‌ترین مقدار آن مربوط به روز ۲۸ تخمیر بود. روند تغییرات محتوی نیتروژن غیرپروتئینی با گذشت زمان کاهش خطی ۰/۱۰۱ درصد به ازای هر روز بود. تاثیر فرآیند تخمیر بر مقدار نشاسته، انرژی خام، دانسیته توده و pH سبوس ذرت در جدول ۲ گزارش شده است. با افزایش زمان پس از تخمیر مقدار نشاسته ۰/۱۵۱ درصد به ازای هر روز پس از تخمیر کاهش یافت. غلظت انرژی خام سبوس ذرت با افزایش زمان تخمیر روند افزایشی نشان داد به گونه‌ای که به ازای هر روز پس از تخمیر مقدار آن ۱/۶۶ کیلوکالری بر کیلوگرم افزایش می‌یافت. پایین‌ترین و بالاترین مقدار انرژی خام به‌ترتیب مربوط به روز صفر و ۲۱ام پس از تخمیر بود. چگالی توده سبوس ذرت در نتیجه تخمیر از ۰/۳۰۶ در روز صفر به حداکثر ۰/۳۳۰ گرم در سانتی‌متر مکعب در روز ۲۱ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0/05$) و این روند افزایشی به شکلی بود که به ازای هر روز پس از تخمیر مقدار چگالی توده ۰/۸ گرم در سانتی‌متر مکعب افزایش نشان داد. فرآیند تخمیر موجب کاهش معنی‌دار pH از ۵/۳۰ برای روز صفر به ۳/۷۳ در روز ۲۸ پس از تخمیر شد ($p<0/05$). روند تغییرات نشان داد به ازای هر روز پس از تخمیر مقدار pH ۰/۰۵۸ کاهش می‌یابد.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

جدول ۱: تأثیرتخمیر میکروبی بر ترکیب شیمیایی سبوس ذرت در روزهای مختلف

ترکیب‌شیمیایی (درصد)	زمان تخمیر (روز)				SEM	ANOVA	P- value	
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸		مقایسات مستقل چند جمله‌ای	
							خطی	کوادراتیک
خاکستر	۲/۹۴^{ab}	۲/۶۰^{C}	۳/۱۳^{a}	۲/۷۵^{bc}	۲/۷۷^{bc}	۰/۰۱۸	۰/۵۸۳	۰/۶۱۳
چربی خام	۲/۵۲^{a}	۲/۳۴^{ab}	۱/۸۸^{bc}	۱/۳۴^{d}	۱/۵۲^{cd}	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱ (5)	۰/۲۸۷
فیبر خام	۱۳/۲۲^{a}	۱۲/۸۸^{a}	۱۲/۱۲^{b}	۱۱/۴۰^{c}	۱۱/۰۰^{c}	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱ (6)	۰/۹۲۵
۲ADF	۲۶/۳۰^{a}	۲۵/۸۴^{a}	۲۴/۴۴^{ab}	۲۲/۴۴^{b}	۲۳/۲۴^{b}	۰/۰۱۸	۰/۰۰۲ (7)	۰/۵۴۸
۱NDF	۴۶/۰۰^{a}	۴۲/۲۸^{b}	۴۱/۶۸^{b}	۴۱/۸۸^{b}	۴۲/۰۸^{b}	۰/۰۲۳	۰/۰۱۳ (8)	۰/۰۲۵
پروتیین خام	۱۴/۸۶^{b}	۱۴/۳۶^{b}	۱۴/۸۰^{b}	۱۵/۹۰^{a}	۱۴/۶۰^{b}	۰/۰۰۲	۰/۱۹۰	۰/۳۰۴
۳NPN	۴/۳۰^{a}	۳/۸۴^{a}	۱/۶۲^{c}	۲/۷۴^{b}	۱/۳۰^{c}	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱ (9)	۰/۲۳۷

a-c میانگین‌ها در ردیف که دارای حرف غیرمشترک هستند اختلاف معنی‌داری دارند (p<۰/۰۵). ۱- فیبر نامحلول در شوینده خنثی ۲- فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ۳- ازت غیر پروتئینی. $^{4}\hat{y}=37.97+0.74x$; $^{5}\hat{y}=2.52-0.043x$; $^{6}\hat{y}=13.31-0.085x$; $^{7}\hat{y}=26.35-0.136x$; $^{8}\hat{y}=44.43-0.118x$; $^{9}\hat{y}=4.18-0.101x$

جدول ۲: تأثیر فرایند تخمیرحالت جامد بر مقدار نشاسته، pH، انرژی خام و چگالی توده سبوس ذرت

ترکیب‌شیمیایی (درصد)	زمان تخمیر (روز)					SEM	ANOVA	P- value	
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸			مقایسات مستقل چند جمله‌ای	
								خطی	کوادراتیک
نشاسته	۲۰/۲۰	۲۰/۴۰	۲۱/۰۰	۱۹/۸۰	۱۵/۲۰	۱/۵۳	۰/۰۸۹۰	۰/۰۰۴ (1)	۰/۰۶۰
انرژی خام	۲۱۷۰^{c}	۲۱۸۴^{bc}	۲۱۹۸^{ab}	۲۲۲۰^{a}	۲۲۱۰^{ab}	۹/۰۷	۰/۰۰۷	< ۰/۰۰۱ (2)	۰/۲۵۲
دانسیته	۰/۳۰۶^{c}	۰/۳۱۰^{bc}	۰/۳۲۴^{ab}	۰/۳۳۰^{a}	۰/۳۲۴^{ab}	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۰۳ (3)	۰/۱۶۹
pH	۵/۳۰^{a}	۵/۰۱^{a}	۴/۸۵^{a}	۴/۱۸^{b}	۳/۷۳^{b}	۰/۱۹۸	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱ (4)	۰/۲۲۸

a وb میانگین‌ها در ردیف که دارای حرف غیرمشترک هستند اختلاف معنی‌داری دارند (p<۰/۰۵). $^{1}\hat{y}=21.44-0.151x$; $^{2}\hat{y}=2173+1.66x$;$^{3}\hat{y}=307.6+0.8x$; $^{4}\hat{y}=5.44-0.058x$

تعیین وزن شاخص‌ها به‌کمک روش آنتروپی شانون نشان داد مقدار نیتروژن غیرپروتئینی بیش‌ترین وزن و انرژی خام کم‌ترین وزن را برای مدل تصمیم‌گیری تاپسیس دارند که وزن و ترتیب اثر آن‌ها در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳: وزن شاخص‌های تصمیم‌گیری بر اساس روش آنتروپی شانون

شاخص	خاکستر	چربی خام	فیبر خام	پروتئین خام	نشاسته	انرژی خام	دانسیته	NPN	pH
وزن	۰/۰۱۱۵	۰/۲۰۳۹	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۳۴۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲۵	۰/۶۲۰۵	۰/۱۰۷۳
ترتیب اثر	۶	۲	۵	۷	۴	۹	۸	۱	۳

جدول ۴: رتبه‌بندی تیمارهای آزمایش بر اساس مدل تاپسیس

شاخص‌های تصمیم‌گیری		خاکستر	چربی خام	فیبر خام	پروتئین خام	نشاسته	انرژی خام	دانسیته	NPN	pH
راه حل ایده‌آل	مثبت	۰/۰۰۴۳	۰/۱۰۵۸	۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰۱۵۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۱	۰/۰۹۸۸	۰/۰۳۲۵
	منفی	۰/۰۰۵۲	۰/۰۵۲۹	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۰	۰/۳۵۲۸	۰/۰۵۷۴

		تیمارهای آزمایش				
		سبوس تخمیری				
		سبوس خام	صفر روز	۷ روز	۱۴ روز	۲۱ روز	۲۸ روز
میزان فاصله تا هر یک از ایده‌آل‌ها	مثبت	۰/۰۶۶۷	۰/۰۵۸۷	۰/۰۵۰۹	۰/۰۳۲۳	۰/۰۶۴۹	۰/۰۴۶۰
	منفی	۰/۰۵۳۰	۰/۰۵۴۶	۰/۰۷۳۹	۰/۲۳۱۲	۰/۱۴۶۰	۰/۲۵۵۳
نسبت نزدیکی به گزینه ایده‌آل		۰/۴۴۲۸	۰/۴۸۱۷	۰/۵۹۲۲	۰/۸۷۷۴	۰/۶۹۲۲	۰/۸۴۷۳
رتبه تیمارهای آزمایش		۶	۵	۴	۱	۳	۲

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

برای رتبه‌بندی تیمارها براساس مدل تاپسیس پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری براساس مقادیر هر یک از شاخص‌های تصمیم‌گیری ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شد. سپس ماتریس بی‌مقیاس موزون تشکیل و براساس وزن شاخص‌های تصمیم‌گیری به کمک روش آنتروپی شانون راه حل ایده‌آل تعیین شد. میزان فاصله هر یک از تیمارها تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی محاسبه و سپس نسبت نزدیکی به گزینه ایده‌آل تعیین و در نهایت رتبه‌بندی تیمارها انجام شد. همان‌طورکه در جدول ۴ گزارش شده است تخمیر سبوس ذرت برای ۱۴ روز بهترین تیمار است که بالاترین بازده را دارد. سایر تیمارهای ذرت تخمیری در رده‌های بعدی و بهتر از تیمار سبوس ذرت خام می‌باشند.

بحث

تخمیر یک فرآیند دینامیکی شامل میکرارگانیسم‌ها، سوبسترا و شرایط محیطی جهت تبدیل مواد پیچیده به ترکیبات ساده‌تر می‌باشد. تخمیر، می‌تواند هم‌زمان به‌واسطه فعالیت میکروفلورای طبیعی حاضر بر سوبسترا یا افزودن باکتری یا قارچ‌های خارجی انجام گیرد (۲۱). در این مطالعه از قارچ آسپرژیلوش نایجر و باکتری باسیلوس سابتیلیس به‌صورت ترکیبی استفاده شد که اثر هم‌افزایی داشته باشند. آسپرژیلوس نایجر یکی از مهم‌ترین میکروارگانیزم‌های صنعتی می‌باشد که دارای سرعت رشد بالا بوده و می‌تواند pH بسیار پایین را تحمل کند (۱۲). باسیلوس سابتیلیس نیز به‌دلیل ویژگی منحصر به‌فرد به‌جهت توانایی در تولید اسپور زیاد و مقاوم به اسید، قلیا و گرما از آن به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین باکتری‌ها در فرآیند کنترل بیولوژیک معرفی شده است (۳۵). باسیلوس‌ها سویه سالم (غیربیماری‌زا) در صنعت خوراک می‌باشند که طیف وسیعی از آنزیم‌ها مانند سلولاز، پروتئاز، لیپاز و آمیلاز را ترشح می‌کنند که موجب تجزیه کربوهیدرات‌های پیچیده گیاهی و افزایش قابلیت هضم آن‌ها می‌شوند (۱۵). نتایج این مطالعه به‌طورکلی تاثیر فرآیند تخمیر در کاهش مقدار فیبر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را نشان داد. کاهش فیبرخام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مطالعات دیگر در نتیجه فرآیند تخمیر در مواد خوراکی مانند کنجاله هسته پالم (۱۹، ۱۴)، کنجاله کلزا (۳۳، ۳)، سبوس برنج (۲۹) و کنجاله تخم پنبه (۱۳) نیز گزارش شده است. به‌نظر می‌رسد که کاهش میزان فیبر خام ممکن است به‌دلیل آنزیم‌های تجزیه‌کننده این ترکیبات به‌وسیله آسپرژیلوس نایجر (دارای آنزیم‌های تجزیه کننده فیبر مانند همی‌سلولار، هیدرولاز و پکتیناز) (۲۴)، باسیلوس سابتیلیس (دارای آنزیم‌های سلولاز و فیتاز) (۲۸) و لاکتوباسیلوس‌ها (دارای آنزیم‌های فیتاز، سلولاز، زایلاناز و بتاگلوکاناز) (۳۰) باشد. نکته مهم دیگری که می‌توان از این نتایج گرفت این است که زمان تخمیر تأثیر مهمی در تولید آنزیم و تجزیه فیبر دارد. همان طورکه در جدول ۱ گزارش شده است مقدار فیبر خام از روز ۱۴، الیاف نامحلول در شوینده خنثی از روز ۷ام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی از روز ۲۱ ام کاهش معنی‌داری را با مقادیر روز صفر نشان داد. مقدار پروتئین خام به‌جز برای روز ۲۱ام، تحت تاثیر فرآیند تخمیر قرار نگرفت. در مطالعات گذشته فرآیند تخمیر باعث افزایش مقدار پروتئین خام در کنجاله کلزا (۳)، کنجاله تخم پنبه (۱۳) و کنجاله ریشه کاساوا (۱) شد. افزایش در مقدار پروتئین خام ممکن است به‌دلیل ساخت پروتیین میکروبی، ترشح آنزیم‌ها و سایر محصولات بیولوژیکی به‌وسیله میکروارگانیزم‌ها (۳۴) باشد. مقدار خاکستر خام در مقایسه با روز صفر، با افزایش زمان‌های پس از تخمیر از روند خاصی تبعیت نمی‌کرد. پایین‌ترین مقدار خاکستر خام مربوط به زمان ۷ پس از تخمیر بود. در روز ۱۴، مقدار آن به طور معنی‌داری بالاترین مقدار بود که با زمان‌های ۲۱ و ۲۸ پس از تخمیر هم اختلاف معنی‌داری داشت. گزارش شده است که افزایش در مقدار خاکستر خام ممکن است به‌دلیل توانایی آسپرژیلوس نایجر جهت آزاد کردن آنزیم‌هایی مانند فیتاز که موجب افزایش زیست فراهمی فسفر فیتاتی می‌شود و ممکن است منجر به بهبود زیست فراهمی دیگر مواد معدنی مانند روی، منگز، کلسیم، مس و آهن می‌گردند (۹). کاهش در مقدار نشاسته با افزایش زمان پس از تخمیر تا روز ۲۱ام، معنی‌دار نبود و برای روز ۲۸ به مقدار ۵ درصد کاهش داشت. این کاهش هم‌سو با کاهش ۱/۵۷ واحدی در pH از روز صفر تا روز ۲۸ پس از تخمیر بود. کاهش در pH ممکن است به‌دلیل تولید اسید به‌خصوص اسیدلاکتیک به‌وسیله لاکتوباسیل‌ها (۳۹) و اسیدسیتریک با آسپرژیلوس نایجر (۷) باشد. افزایش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک در طی فرآیند تخمیر و در نتیجه افزایش تولید اسید (عمدتاً اسیدلاکتیک) موجب کاهش pH در محصول تخمیر می‌گردد. اثر هم‌افزایی همکاری بین قارچ آسپرژیلوس نایجر و باسیلوس سابتیلیس باعث بهبود فرایند تخمیر و کاهش بیش‌تر pH می‌شود. آسپرژیلوس نایجر با مصرف اکسیژن موجود باعث ایجاد محیط کاملاً بی‌هوازی برای رشد و فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی مانند باسیلوس‌سابتیلیس در بستر (سبوس ذرت) گردیده که سبب کاهش pH و اختصاصی شدن شرایط رشد برای باکتری‌های اسیدلاکتیکی می‌گردد. به‌دنبال آن باکتری‌های اسیدلاکتیکی تکثیر یافته و با مصرف منابع کربوهیدراتی و تولید اسید (عمدتاً اسیدلاکتیک) سبب کاهش بیش‌تر و پایدار pH در محصول تخمیر می‌شود (۸). چگالی توده سبوس گندم با افزایش زمان تخمیر روند افزایشی نشان داد و برای روزهای ۱۴، ۲۱ و ۲۸ پس از تخمیر به‌طور معنی‌داری بالاتر بود که در تضاد با نتایج Adebowale

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

و Maliki (۶) بود. در این مطالعه تخمیرخوراک به‌مدت ۵ روز مقدار چگالی توده را از ۰/۸۰ به ۰/۶۳ کاهش داد. Shelton و همکاران (۲۶) گزارش کردند که فرآوری خصوصیت فیزیکی خوراک را تغییر می‌دهد و این ممکن است در ارتباط با تغییر ترکیب شیمیایی هسته خرما به‌خصوص فیبرخام در طی فرآیند تخمیر باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان داد که فرآیند تخمیر میکروبی با ترکیبی از باکتری‌باسیلوس‌سابتیلیس و قارچ‌آسپرژیلوس نایجر سبب بهبود ارزش‌تغذیه‌ای سبوس‌ذرت می‌شود. براساس مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه تاپسیس مؤثرترین و کارآمدترین مدت زمان‌تخمیر سبوس ذرت‌موقعی است که تخمیر میکروبی برای مدت زمان ۱۴ روز انجام شود.

منابع

1. **Adeleke, B.S., Akinyele, B.J, Olaniyi, O.O. and Jeff Agboola, Y.A., 2017.** Effect of fermentation on chemical composition of Cassava peels. *Pelagia Research Library*. 7(1): 31-38.
2. **Arun, K.P., Savaran, V.R., Mantena, V.L.N.R. and Sharma, S.R., 2006.** Dietary supplementation of *Lactobacillus sporogenes* on performance and serum biochemico- lipid prefill of broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*. 43: 235-240. doi: 10.2141/jpsa.43.235
3. **Ashayerizadeh, A, Dastar, B., Shams Shargh, M., Sadeghi Mahoonak, A. and Zerehdaran, S., 2017.** Fermented rapeseed meal is effective in controlling *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* infection and improving growth performance in broiler chicks. *Veterinary Microbiology*. 201: 93-102. doi: 10.1016/j. vetmic.2017.01.007
4. **Association of official analytical chemists. 2005.** Association of official analytical chemists, official methods ofanalysis. 18h (Ed). Maryland, USA.
5. **Atteh, J.O., 2004.** Theory and practice of poultry production. Adlek Printers, Ilorin, Nigeria.
6. **Babatunde, G.M., 1989.** Alternative formulation of livestock feeds in Nigeria. Ed. G.M. Babatunde, Presidency, Federal Republic of Nigeria.
7. **Babitha, S., Soccol, C. R. and Pandey, A., 2007.** Solid state fermentation for the production of Monascus pigments from jackfruit seed. *Bioresurce Technology*. 98(8): 1554-1560. doi: 10.1016/j.biortech.2006.06.005
8. **Chiang, G., Lu, W.Q., Piao, X.S., Hu, J.K., Gong, L.M. and Thacker, P.A., 2010**. Effects of feeding solid- state fermented rapeseed meal on performance, nutrient digestibility, intestinal ecology and intestinal morphology of broiler chickens. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 23(2): 263-271. doi: 10.5713/ajas.2010.90145
9. **Habibi, A., 2023.** Multi-indicator decision making (definite and fuzzy). Naron Danesh Publications. 278 p. ISBN 9786222764814. (In Persian)
10. **Ferket, P.R., 1993.** Practical use of feed enzymes for turkeys and broiler. *Journal Applied Poultry Research*. 2(1): 75-81. doi: 10.1093/japr/2.1.75
11. **Francisco, K., Banda, E. and Simbaya, J., 2014.** Effects of Partially Replacing Maize meal in Broiler Finishing Diets with Rumen Filtrate Fermented-Maize Bran on Broiler Chicken Performance. *International Journal of Livestock Research*. 4(5): 28-34. doi: 10.5455/ ijlr.20140723083643
12. **Garg, A.K., Singh, P. and Agarwal, D.K., 2002.** Effect of replacement of maize grain with wheat bran on the performance of growing lambs. *Small Ruminant Research*. 43(3): 227-234. doi: 10.1016/S0921-4488(02) 00025-1
13. **Goldberg, I., Rokem, J.S. and Pinesm, O., 2006.** Organic acids: old metabolites, new themes. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 81(10): 1601-1611. doi: 10.1002/jctb.1590
14. **Jazi, V., Boldaji, F., Dastar, B., Hashemi, S.R. and Ashayerizadeh, A., 2017.** ffect of fermented cottonseed meal on the growth performance, gastrointestinal microflora population and small intestinal morphology in broiler chickens. *British poultry Science.* 58(4): 402-408. doi: 10.1080/00071668.2017.1315051
15. **Lawal, T.E., lyayi, E.A., Adeniyi, B.A. and Adaqraqmoye, A.Q., 2010**. Biodegradation of paqlm kernel cake with multienzyme complexes from fungi and its feeding value for broiler. International Journal of Poultry Science. 9(7): 695-701. doi: 10.3923/ijps.2010. 695.701
16. **Li, W.F., Bai, J., Li, Y.L., Qin, Y. and Yu, D.Y., 2014.** Effects of *Bacillus subtilis* on meat quality, nutrient digestibility and scrum biochemical index of broilers. *Chinian Journal Veteneri Science*. 34: 1682-1685.
17. **Licitra, G., Hernandez, T.M. and Van Soest, P.J., 1996.** Standardization of procedures for nitrogen

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

bulk density of diets on growth performance of chicks. *Poultry Science*. 84: 1547- 1554.

28. **Sugiharto, S. and Ranjitkar, S., 2018.** Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses*: A review*. *Animal Nutrition*. 5(1): 1-10. doi: 10.1016/j.aninu.2018.11.001

29. **Sun, H., Tang, J.W., Yao, X.H., Wu, Y.F., Wang, X. and Feng, J., 2012.** Improvement of the nutritional quality of cottonseed meal by *Bacillus subtilis* and the adrodition of papain. *International Journal of Agriculture and Biology*. 14: 563-568.

30. **Supriyati, I., Haryati, T., Susanti, T. and Susana, W.R., 2015.** Nutritional value of rice bran fermented by bacillus amyloliquefaciens and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. *Asian Australian Journal Animal Science*. 28(2): 231-238. doi: 10.5713/ajas.14.0039

31. **Taheri, H.R., Moravej, H., Tabandeh, F., Zaghari, M. and Shivazad, M., 2009.** Screening of lactic acid bacteria toward their selection as a source of chicken probiotic. *Poultry science*. 88(8): 1586-1593. doi: 10.3382/ps.2009. 00041

32. **Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991**. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74(10): 3583-3597. doi: 10.3168/ jds.S0022-0302(91)78551-2

33. **Van Winsen, R.L., Urlings, B.A.P., Lipman, L.J.A., Snijders, J.M.A., Keuzenkamp, D. and Verheijden, J.H.M., 2001.** Effect of fermented feed on the microbial population of the gastrointestinal tracts of pigs. *Applied and Environmental Microbiology*. 67(7): 3071-3076. doi: 10.1128/AEM.67.7.3071-3076.2001

34. **Vig, A.P. and Walia, A., 2001.** Beneficial effects of Rhizopus oligosporus fermentation on reduction of glucosinolates, fiber and phytic acid in rapeseed meal. *Bioresource Technology*. 78(3): 309-312. doi: 10.1016/s 0960-8524(01)00030-x

35. **Zhang, W.J., Xu, Z.R., Zhao, S.H., Sun, J.Y. and Yang, X., 2007.** Development of amicrobial fermentation process for detoxification of gossypol in cottonseed meal. *Animal Feed Science and Technology*. 135(1): 176-186. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.003

fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 57(4): 347-358. https://doi.org/10.1016/037 7-8401(95)00837-3

18. **Longe, O.G., 1985.** Effect of non-purified fibre from leafy vegetable on utilization of dietary nutrients in growing rats. *Nigerian Journal of Nutritional Sciences*. 4: 63-68.

19. **Luciana vandenberghe P.S., Soccol, C.R., Pandey, A. and Lebeault, M., 2000.** Solid -state fermentation for the synthesis of citric acid by Aspergillus niger. *Bioresource Technology*. 74(2): 175-178. doi: 10.1016/S0960-8524 (99)00107-8

20. **Marini, A.M., Daud, M.J., Noraini, S., Jameah, H. and Azritionalae nuthan, E.A.E., 2005.** Performance of locally isolated microorganism in degrading palm kernel cake (PKC) fiber and improving the nutritional value of fermented PKC. *Journal of Tropical Agriculture and food Science.* 33: 311-319.

21. **Mathivanan, R., Selvaraj, P. and Nanjappan, K., 2006.** Feeding of fermented soybean meal on broiler performance *International Journal Poultry Science*. 5(9): 868-872. doi: 10.3923/ijps.2006.868.872

22. **Missotten, J.A., Michiels, J., Degroote, J. and De Smet, S., 2015.** Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 6(1): 4-12. doi: 10.1186/2049-1891-6-4

23. **Niba, A.T., Beal, J.D., Kudi, A.A.C. and Brooks, P.H., 2009.** Potentiaal of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*. 8(9): 1758-1767.

24. **Oldale, P.M.O., 1996.** Roche Nigeria Feed Seminar. Feb. 13.

25. **Oso, A.O., Li, L., Zhang, B., Lio, R., Fan, J.X, Wang, S., Jiang, G., Liu, H., Rahoo, T., Tossou, M.C., Pirgozliev, V., Oduguwa, O.O. and Bamgbose, A.M., 2015.** Effect fungal fermentation with *Aspergillus niger* and enzyme supplementation on metabolizable energy values of unspeeled cassava root meal for meat- type cockerels. *Animal Feed Science and Technology*. 201: 281-286.

26. **Pandey, A., 1992.** Recent process developments in solid state fermentation. *Process Biochem*. 27(2): 109-117. https://doi.org/10.1016/0032-9592(92)80017-W

27. **Shelton, J.L., Dean, D.W., Southern, L.L. and Bidner, T.D., 2005.** Effect of protein and energy sources and

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]

36. **Zhenhua, G., Haohao, W., Lin, S., Xiaohui, Z., Ran, S., Fuquan, Y. and Ravi, G., 2017.** Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1-42 d broiler chickens. *Animal Nutrition Journal*. 3(2): 109-113. doi: 10.1016/j.aninu. 2017.02.002

37. **Mazaheri, A., Shams Shargh, M., Ashayerizadeh, A. and Dastar, B., 2019.** Comparison the effects of raw and fermented sesame meal by solid state fermentation on performance, cacass characteristic, and intestinal morphology in broiler chickens. *Journal of Animal Environment*. 11(1): 139-144. (In Persian)

38. **Rajabzadeh Nesvan, M., Dastar, B., Ghoorchi, T., Ashayerizadeh, A. and Khomiri, M., 2019.** Evaluation of protein quality raw and fermented tomato pomace compared to soybean meal in broiler chickens. *Journal of Animal Environment*. 11(3): 69-76. (In Persian)

39. **Vandenberghe, L.P.S., Soccol, C.R., Pandey, A. and Lebeault, J.M., 2000.** Solid-state fermentation for the synthesis of citric acid by *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology*. 74(2): 175-178. doi: 10.1016/S0960-8524 (99)00107-8

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer/2.1.11]