دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

# مقایسه روش‌های آزمایشگاهی و کیسه‌های نایلونی در برآورد تجزیه‌پذیری ماده خشک برخی مواد خوراکی

**حسین عبدی بنمار[1] و عبداله سبحانی سنجبد[2]**

۱- استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی، (نویسنده مسوول: abdibenemar@uma.ac.ir)
۲- مربی، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۱

**چکیده**

**هدف از این پژوهش مقایسه برآورد تجزیه‌پذیری ماده خشک برخی مواد خوراکی شامل کنجاله سویا، کنجاله کلزا، دانه جو، دانه ذرت، یونجه خشک و ذرت سیلو شده با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و کیسه‌های نایلونی بود. روش آزمایشگاهی مورد استفاده شامل مرحله هضم شکمبه‌ای در روش تعیین آزمایشگاهی قابلیت هضم ماده خشک بود. تفاوت معنی‌داری بین دو روش از نظر برآورد بخش سریع تجزیه در مورد تمام مواد خوراکی به جز کنجاله کلزا (P=۰/۰۷) مشاهده شد. دو روش به لحاظ برآورد فراسنجه کند تجزیه در مورد کنجاله سویا (P=۰/۰۱۳۹)، دانه جو (P=۰/۰۰۰۶)، یونجه خشک (P=۰/۰۱۰۱) و ذرت سیلو شده (P=۰/۰۰۷۰) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. بین دو روش در برآورد نرخ تجزیه‌پذیری مواد خوراکی مورد آزمایش به جز مواد علوفه‌ای تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. ولی، همبستگی بالایی بین دو روش از نظر برآورد بخش کند تجزیه (r=۰/۷۲)، نرخ تجزیه‌پذیری (r=۰/۸۹)، پتانسیل تجزیه‌پذیری (r=۰/۹۸) و تجزیه‌پذیری موثر مشاهده شد. نتایج نشان داد که تفاوت‌هایی بین دو روش از نظر برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری وجود دارد، ولی ضرایب همبستگی معنی‌داردر مورد برآورد برخی از فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری می‌تواند نشان از کارایی نسبی روش ابداعی باشد.**

**واژه‌های کلیدی: روش کیسه‌های نایلونی، روش آزمایشگاهی، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای**

**مقدمه**

تعیین تجزیه‌پذیری مواد خوراکی برای تعیین هضم شکمبه‌ای ماده خشک، پروتئین خام و کربوهیدرات‌ها با استفاده از تکنیک کیسه‌های نایلونی (*in situ*) یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ارزیابی مواد خوراکی در تغذیه دام‌های نشخوارکننده است (۱۹). در این روش مقدار کمی از ماده خوراکی در داخل یک کیسه منفذدار غیرقابل تجزیه در شکمبه برای زمان‌های خاصی انکوباسیون شده، و اندازه‌گیری

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

ناپدید شدن اجزای آن پس از انکوباسیون در شکمبه انجام می‌شود (۱۹). روش کیسه‌های نایلونی بسیار قدیمی است و اولین بار توسط کوئین و همکاران (۱۷) مورد استفاده قرار گرفت. بعدها نیز این تکنیک برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای سلولز و ماده خشک برخی از مواد خوراکی مورد استفاده قرار گرفت (۱۲) و در دهه ۱۹۸۰، برای اولین بار برای ارزیابی نرخ و اندازه تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای استفاده شد (۱۴). روش کیسه‌های نایلونی ممکن است در مقایسه با روش‌های آزمایشگاهی دارای مزیت‌هایی باشد زیرا فرایندهای هضمی در شکمبه یک دام زنده روی می‌دهد. فراسنجه‌های تجزیه پذیری شکمبه‌ای این روش با رابطه ارسکوف و مکدونالد (۱۵) که بیانگر تجزیه‌پذیری ماده خوراکی در واحد زمان است، برآورد می‌شود.

اکثر سیستم‌های ارزشیابی خوراک از اطلاعات به دست آمده از مطالعات حیوانی و کیسه‌های نایلونی برای توسعه جداول احتیاجات مواد مغذی استفاده کرده‌اند ولی برآورد تجزیه‌پذیری با استفاده از تکنیک کیسه‌های نایلونی برای کاربردهای صنعتی و مزرعه‌ای پر هزینه، پرزحمت و زمان‌بر است (۴). برای انجام این روش نیاز به دام‌های دارای کانولای شکمبه‌ای است که علاوه بر هزینه جراحی و خارج شدن دام از چرخه تولید، ممکن است تلف شدن دام در هنگام جراحی، در حین آزمایش و یا پس از آن سبب اختلال در انجام تحقیق و صرف هزینه‌های بیشتر گردد. از این‌رو، تلاش برای ابداع یک روش جایگزین آزمایشگاهی ارزشمند خواهد بود.

تلاش‌های بسیاری برای برآورد تجزیه‌پذیری اجزای مواد خوراکی با استفاده از روش‌های جایگزین برای روش کیسه‌های نایلونی شده است (۴،۱۰،۲۰،۲۲،۲۷). این مطالعات اغلب بر پایه استفاده از آنزیم‌های خالص (۱۰،۲۲)، بافرهای خاص (۲۰) و یا روش تیلی و تری (۲۳) بوده که نتایج متفاوتی حاصل شده است. اگرچه روش کیسه‌های نایلونی اغلب به‌عنوان یک روش مرجع برای مقایسه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری منابع خوراکی در شکمبه مورد استفاده قرار گرفته، ولی مطالعات نشان داده است که تنوع گسترده‌ای بین آزمایشگاه‌های مختلف از نظر برآوردهای به دست آمده با این تکنیک وجود دارد (۱۱،۲۹). بخش اعظم این تنوع بستگی به تنوع بین دام‌های مورد استفاده و جیره مصرفی دارد، در حالی‌که این مشکل در تکنیک‌های آزمایشگاهی وجود ندارد. بنابراین به منظور بهره‌مندی کامل از سیستم‌های جدید تغذیه‌ای، توسعه تکنیک‌هایی که قابلیت‌اندازه‌گیری سریع، آسان، قابل اعتماد و دقیق تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای را فراهم کنند، ضروری است (۷). چنین تکنیک‌هایی باید به‌وسیله برآوردهای حقیقی تجزیه‌پذیری اعتبار بخشی شوند ولی به دست آوردن چنین برآوردهایی با مطالعات *in vivo* و *in situ* دشوار است (۱۹). در صورت عدم وجود برآوردهای حقیقی برای اعتبار بخشی روش‌های آزمایشگاهی جایگزین، استفاده از

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

برآوردهای به دست آمده از تکنیک *in situ* می‌تواند اطلاعات قابل اعتمادی فراهم نماید (۷).گراهام و آمان (۸) اولین بار سعی در بررسی تجزیه‌پذیری کاه فرآوری شده با و بدون آمونیاک با استفاده از تکنیک تیلی و تری (۲۳) کردند. در تلاشی دیگر، وارل و کریک میر (۲۷) نیز با استفاده از تکنیک تیلی و تری سعی در برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری دیواره حاصل از شوینده خنثی[1] یونجه و علف بروم نمودند. سوینجورنسون و همکاران (۲۱) از مخلوط مایع شکمبه ای و بافر به نسبت ۲ به ۱ برای بررسی روند تجزیه پذیری نشاسته استفاده کردند. ولاسکوئز و پیچارد (۲۸) عصاره‌های آنزیمی استخراج شده از مایع شکمبه را برای بررسی روند تجزیه‌پذیری پروتئین مورد استفاده قرار دادند. هلدن (۹) با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز هضم (Diasy[II], ANKOM Technology Corp., Fairport, NY) قابلیت هضم ماده خشک مواد خوراکی در شرایط آزمایشگاهیرا برآورد کرده و به‌عنوان جایگزینی برای روش تیلی و تری (۲۳) معرفی نمود. ولی مطالعه‌ای در مورد استفاه از این دستگاه برای تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری نشده است. لذا هدف از این پژوهش، بررسی امکان ارائه یک روش جایگزین آزمایشگاهی برای تکنیک *in situ* و مقایسه آن با داده‌های به‌دست آمده توسط این تکنیک است.

## مواد و روش‌ها

### آزمایش *in situ*

این بخش از آزمایش با استفاده از ۳ راس قوچ مغانی فیستولادار (میانگین وزن۴±۵۵ کیلوگرم) انجام گردید که با یک جیره مصرفی با نسبت علوفه به کنسانتره ۶۰ به ۴۰ تغذیه می‌شدند. جیره مصرفی با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی Sheep CNCPS (version 1.0.21) به‌منظور تأمین ۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات نگهداری متعادل شد (جدول ۱). دام‌ها به‌صورت ۲ بار در روز در ساعات ۸ صبح و ۱۶ عصر به صورت انفرادی تغذیه می‌شدند. مراحل انجام روش کیسه‌های نایلونی بر اساس روش استاندارد تعیین تجزیه‌پذیری مواد خوراکی کمیته تحقیقات غذا و کشاورزی (۱) و با در نظر گرفتن نکات بیان شده توسط ونزانت و همکاران (۲۵) برای استانداردسازی تکنیک کیسه‌های نایلونی (۲۶) انجام گرفت. برای انجام آزمایش *in situ*، از کیسه‌هایی با جنس الیاف پلی‌استر یا داکرون به ابعاد ۷ ×۱۰ سانتی‌متر و با قطر منافذ تقریبی ۴۰ تا ۵۰ میکرون استفاده شد. مواد خوراکی موردنظر با استفاده از آسیاب مخصوص دارای غربال با منافذ ۲ میلی‌متری آسیاب و با استفاده از الک ۵۰ میکرومتری غربال شدند تا ذرات کوچکتر از ۵۰ میکرومتر از آن خارج شود (۱). سپس مقدار ۳ گرم از هر کدام از مواد خوراکی داخل کیسه‌ها ریخته و از راه فیستولای

1- Neutral detergent fiber

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

شکمبه‌ای در داخل شکمبه انکوباسیون شدند. با توجه به ابعاد کیسه‌های مورد استفاده، نسبت اندازه نمونه به سطح کیسه حدود ۲۱ میلی‌گرم به ازای هر سانتی‌متر مربع بود (۲۶). برای هر ماده خوراکی در هر زمان انکوباسیون تعداد ۳ کیسه برای هر دام (تکرار در دام) در نظر گرفته شد. مواد خوراکی مورد آزمایش شامل دانه جو، دانه ذرت، کنجاله سویا، کنجاله کلزا، یونجه خشک و ذرت سیلو شده بودند. مقادیر ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و خاکستر مواد خوراکی بر اساس روش‌های AOAC (۲) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) (با استفاده از سولفیت هیدروژن سدیم و بدون استفاده از آلفا آمیلاز و تصحیح برای خاکستر) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی[1] (ADF) بر اساس روش ون سوست و همکاران (۲۴) اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

زمان‌های خروج کیسه‌ها از شکمبه ساعت‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون در شکمبه برای مواد کنسانتره‌ای و ساعت‌های ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت برای مواد علوفه‌ای بودند (۱).

کیسه‌ها بلافاصله پیش از خوراک‌دهی صبح وارد شکمبه شده و در زمان‌های متوالی تعیین شده از شکمبه خارجشدند. کیسه ها پس از خروج از شکمبه ابتدا با آب سرد و سپس با استفاده از ماشین لباسشویی به مدت ۲۰ دقیقه شسته شدند. برای تعیین تجزیه پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه و با استفاده از ماشین لباسشویی به مدت ۲۰ دقیقه با آب سرد مورد شستشو قرار گرفتند (۲۶). سپس کیسه‌ها برای خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و مواد خوراکی باقیمانده در کیسه بر حسب ماده خشک تعیین شده و درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک با استفاده از رابطه ارسکوف و مکدونالد (۱۵) تعیین گردید.

**آزمایش *in vitro***

برای انجام آزمایش *in vitro*، از کیسه‌هایی با جنس الیاف پلی‌استر به ابعاد ۴ ×۶ سانتی‌متر و با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر استفاده شد. برای برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، مقدار ۱ گرم از هر کدام از مواد خوراکی داخل کیسه‌ها ریخته شده و با استفاده از دستگاه دوخت حرارتی بسته شد. در این حالت نیز نسبت اندازه نمونه به سطح کیسه حدود ۲۱ میلی‌گرم به ازای هر سانتی‌مترمربع بود. همچنین زمان‌های انکوباسیون در نظر گرفته همانند روش *in situ* بود. به‌منظور انجام آزمایش *in vitro*، از دستگاه شبیه‌ساز هضم ($Daisy^{II}$) (شرکت گل‌پونه صفاهان، اصفهان، ایران) و به‌منظور شبیه‌سازی هضم شکمبه‌ای از روش هضم شکمبه‌ای مورد استفاده در تکنیک تعیین آزمایشگاهی قابلیت هضم ماده خشک با استفاده از دستگاه $Daisy^{II}$ که توسط هلدن (۹) گزارش شده است، استفاده گردید. بدین منظور ابتدا مایع شکمبه ۲ ساعت پس از وعده خوراکدهی صبح، از دو رأس گوسفند دارای فیستولای شکمبه‌ای که در آزمایش *in situ* استفاده شده بودند، جمع‌آوری شد. مایع شکمبه با استفاده از یک پمپ خلاء از

1- Acid detergent fiber

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

نقاط مختلف شکمبه دام‌ها جمع‌آوری شده، با یکدیگر مخلوط گردیده، به آن مقداری از مواد خوراکی موجود در شکمبه اضافه شده و داخل یک ظرف دارای آب ولرم ۳۹ درجه به آزمایشگاه منتقل گردید (۹). در ادامه، مایع شکمبه حاوی مواد هضمی به‌وسیله یک مخلوط کن به مدت ۲ دقیقه مخلوط گردید در حالیکه توسط گاز دی اکسید کربن گازدهی می‌شد. سپس با استفاده از یک پارچه توری و در ادامه با یک پارچه کتانی ۴ لایه صاف گردید.

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره مصرفی دام‌های فیستولا دار

| مواد خوراکی | درصد در ماده خشک |
|---|---|
| یونجه | ۶۰/۰ |
| دانه جو | ۲۴/۰ |
| کنجاله کانولا | ۹/۸ |
| سبوس گندم | ۴/۷ |
| بی کربنات سدیم | ۰/۳ |
| نمک | ۰/۳ |
| کربنات کلسیم | ۰/۲ |
| مکمل معدنی- ویتامینی[۱] | ۰/۷ |
| **انرژی و مواد مغذی** | |
| انرژی متابولیسمی[۲] (مگاکالری در کیلوگرم) | ۲/۴ |
| پروتئین خام | ۱۳/۵ |
| الیاف نامحلول در شوینده خنثی | ۴۱/۴ |
| الیاف نامحلول در شوینده اسیدی | ۲۴/۳ |
| کربوهیدرات غیرالیافی | ۳۳/۶ |
| چربی خام | ۲/۶ |
| کلسیم | ۰/۷ |
| فسفر | ۰/۵ |

۱- هر کیلوگرم دارای ۵۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰ هزار واحد بین‌المللی ویتامین $D_3$، ۱۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۵۰۰ میلی‌گرم آنتی اکسیدانت، ۱۹۰ گرم کلسیم، ۸۰ گرم فسفر، ۲۱ گرم منیزیم، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۶۰ گرم سدیم، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۲۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰ میلی‌گرم ید و ۳۰ میلی‌گرم سلنیوم ۲- مقادیر برآورد شده توسط نرم‌افزار CNCPS (version 1.0.21).

جدول ۲- ترکیب شیمیایی مواد خوراکی مورد آزمایش (درصد در ماده خشک)

| | کنجاله سویا | کنجاله کلزا | دانه جو | دانه ذرت | یونجه خشک | ذرت سیلو شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ماده خشک | ۹۱/۸±۰/۳۹ | ۹۰/۵±۰/۴۰ | ۸۷/۸±۰/۶۶ | ۸۵/۹±۰/۷۳ | ۸۹/۵±۰/۹۷ | ۳۰/۸±۱/۱۵ |
| پروتئین خام | ۴۸/۵±۰/۷۱ | ۳۶/۶±۰/۴۹ | ۱۱/۲±۰/۳۶ | ۸/۹±۰/۲۲ | ۱۳/۷±۰/۵۶ | ۸/۲±۰/۳۵ |
| چربی خام | ۱/۹±۰/۲۰ | ۱/۷±۰/۲۳ | ۲/۱±۰/۳۵ | ۳/۶±۰/۲۶ | ۲/۳±۰/۲۲ | ۳/۱±۰/۱۲ |
| الیاف نامحلول در شوینده خنثی | ۱۷/۵±۰/۴۵ | ۲۷/۰±۰/۸۷ | ۱۹/۵±۰/۷۲ | ۱۰/۳±۰/۶۵ | ۵۵/۲±۰/۹۲ | ۶۰/۰±۱/۰۱ |
| الیاف نامحلول در شوینده اسیدی | ۱۱/۰±۰/۴۲ | ۱۸/۵±۰/۲۵ | ۸/۰±۰/۳۳ | ۴/۸±۰/۳۴ | ۳۶/۶±۰/۴۲ | ۴۲/۵±۰/۵۱ |
| کربوهیدرات‌های غیرالیافی | ۲۵/۲±۲/۸۰ | ۲۶/۹±۲/۷۲ | ۶۲/۹±۲/۶۵ | ۷۳/۷±۲/۰۳ | ۱۸/۳±۲/۶۲ | ۲۰/۲±۲/۳۹ |
| خاکستر | ۶/۹±۰/۶۲ | ۷/۸±۰/۳۵ | ۴/۳±۰/۴۵ | ۳/۵±۰/۲۹ | ۱۰/۵±۰/۱۷ | ۸/۵±۰/۲۱ |

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

به‌منظور انجام فرایند هضم شکمبه‌ای، ۱۴۴۰ میلی‌لیتر از مخلوط بافری به همراه ۳۶۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه (در مجموع ۱۸۰۰ میلی‌لیتر) به داخل هر کدام از بطری‌های هضمی ۲ لیتری که از قبل در دمای ۳۹ درجه سانتی گراد گرم شده بودند، ریخته شده و سپس کیسه‌های حاوی مواد خوراکی داخل آنها قرار داده شدند (۹). داخل هر بطری هضمی ۲۵ کیسه حاوی مواد خوراکی قرار داده شد و کیسه‌های حاوی مواد خوراکی که قرار بود در زمان خاصی همراه با هم از بطری‌ها خارج شوند، با یک نخ به هم متصل شدند تا در هنگام خروج از بطری به‌راحتی خارج شوند. به‌عنوان مثال کیسه‌هایی که قرار بود در زمان ۲ ساعت پس از انکوباسیون از بطری‌های هضمی خارج شوند به یکدیگر متصل شده و حدود ۵ سانتی‌متر با یکدیگر فاصله داشتند. برای هر ماده خوراکی در هر زمان انکوباسیون ۵ تکرار در نظر گرفته شد. کیسه‌ها درون بطری‌های هضمی و در محلول هضمی حاوی مایع شکمبه و مخلوط بافری قرار داده شدند و قسمت ابتدای نخ بیرون از بطری‌ها نگه داشته شد. به‌طوریکه بتوان در هر زمان انکوباسیون با استفاده از سر نخ، کیسه‌های مربوطه را خارج کرد. سپس بطری‌های هضمی درون دستگاه Daisy$^{II}$ قرار گرفت. برای خارج کردن کیسه‌ها از بطری‌ها، در هر زمان بطری موردنظر از دستگاه Daisy$^{II}$ خارج شده، درب بطری باز شده و کیسه‌های مربوطه خارج می‌شدند. در تمام مدت زمان باز شدن و بستن مجدد درب بطری، گازدهی با استفاده از گاز دی اکسید کربن انجام شد. پس از خارج شدن از بطری، کیسه‌ها مشابه روش *in situ* ابتدا با آب سرد و سپس با استفاده از ماشین لباسشویی به مدت ۲۰ دقیقه شسته شدند. پس از آن کیسه‌ها برای خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و خشک باقی مانده در کیسه توزین شده و اندازه ناپدید شدن ماده خشک محاسبه شد. مقادیر به دست آمده برای تجزیه پذیری در زمان صفر با شستشو با ماشین لباسشویی در آزمایش *in situ* برای آزمایش *in vitro* نیز در نظر گرفته شدند. تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با روش *in vitro* برای هر ماده خوراکی ۳ بار تکرار شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری نمونه‌های آزمایشی شامل بخش *a*، *b*، *c*، زمان تأخیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر در نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در ساعت مواد از شکمبه با استفاده از رابطه زیر (۱۳) و نرم‌افزار Fitcurve (۵) تعیین گردید:

$$P = a + b\,(1 - e^{-c\,(t-L)}),\ t \geq L$$

که در این رابطه، *P*: درصد تجزیه‌پذیری در زمان *t*، *a*: درصد بخش تجزیه‌پذیر سریع، *b*: درصد بخش تجزیه‌پذیر آهسته و *c*: نرخ تجزیه‌پذیری برحسب درصد در ساعت، *L*: مدت زمان تأخیری هستند.

داده‌های جمع‌آوری شده در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از از نرم‌افزار آماری SAS (۱۸) و رویه GLM تجزیه و تحلیل گردید. مدل آماری مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$y_{ij} = \mu + B_i + e_{ij}$$

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

$y_{ij}$: متغیر وابسته

»: میانگین کلی $y$

$B_i$: اثر روش برآورد تجزیه‌پذیری (۲ و ۱ = $i$)

$e_{ijk}$: اثر اشتباه آزمایشی

مقایسه میانگین‌ها به روش LSMEANS انجام گرفت و سطح (P<۰/۰۵) به‌عنوان سطح معنی‌دار بودن در نظر گرفته شد. همچنین ضرایب همبستگی پیرسون بین فراسنجه‌های برآورد شده توسط دو روش با استفاده از نرم‌افزار آماری *SAS* (۱۸) و رویه CORR محاسبه گردید.

## نتایج و بحث

تفاوت معنی‌داری بین دو روش از نظر برآورد بخش تجزیه‌پذیر سریع در مورد کنجاله سویا (P=۰/۰۱۳۹)، دانه جو (P=۰/۰۰۰۶)، دانه ذرت (P=۰/۰۰۰۳)، یونجه خشک (P=۰/۰۱۰۱) و ذرت سیلو شده (P=۰/۰۰۷۰) مشاهده شد ولی تفاوت معنی‌داری در مورد کنجاله کلزا وجود نداشت. تفاوت معنی‌داری بین روش *in situ* و روش آزمایشگاهی مورد استفاده در این پژوهش به لحاظ برآورد بخش تجزیه‌پذیر آهسته در مورد کنجاله سویا (P=۰/۰۱۴۵)، ذرت سیلو شده (P=۰/۰۱۵۲) و دانه جو (P=۰/۰۰۰۷) وجود داشت، ولی در مورد برآورد این بخش در مورد کنجاله کلزا، دانه ذرت و یونجه خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اگرچه مقادیر نرخ تجزیه‌پذیری برآورد شده توسط روش *in vitro* به‌طور معنی‌داری در مورد مواد علوفه‌ای بیشتر از مقادیر برآورد شده توسط روش *in situ* بود، ولی تفاوت معنی‌داری بین دو روش در برآورد نرخ تجزیه‌پذیری سایر مواد خوراکی مورد آزمایش وجود نداشت. مدت زمان تأخیری برآورد شده توسط روش *in vitro* به‌طور معنی‌داری در مورد اکثر مواد خوراکی کمتر از مقادیر برآورد شده توسط روش *in situ* بود، ولی در مورد دانه جو (P=۰/۴۲۲۶) و ذرت سیلو شده (P=۰/۳۲۶۸) تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. بین دو روش تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری تفاوت معنی‌داری در برآورد میزان پتانسیل تجزیه‌پذیری مواد علوفه‌ای یونجه خشک (P=۰/۰۰۲۸) و ذرت سیلو شده (P=۰/۰۳۳۴) مشاهده شد ولی در مورد سایر مواد خوراکی تفاوتی دیده نشد. به جز کنجاله سویا و دانه ذرت، برآورد اندازه تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۰/۰۲ در ساعت در مورد سایر مواد خوراکی تحت تأثیر روش بررسی روند تجزیه‌پذیری قرار گرفت.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

جدول ۳- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک برآورد شده منابع پروتئینی با استفاده از روش‌های *in situ* و *in vitro*

| | *in situ* | *in vitro* | SEM | *P*-Value |
|---|---|---|---|---|
| **کنجاله سویا** | | | | |
| بخش تجزیه‌پذیر سریع (درصد) | ۳۱/۸۰ | ۲۳/۹۵ | ۱/۳۱۷ | ۰/۰۱۳۹ |
| بخش تجزیه‌پذیر آهسته (درصد) | ۶۸/۱۸ | ۷۵/۹۶ | ۱/۳۳۲ | ۰/۰۱۴۵ |
| نرخ تجزیه‌پذیری (درصد در ساعت) | ۶/۰۱ | ۶/۶۶ | ۰/۲۳۹ | ۰/۱۲۳۳ |
| زمان تأخیر (ساعت) | ۰/۴۳ | ۱/۹۷ | ۰/۲۸۷ | ۰/۰۱۹۶ |
| پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد) | ۹۹/۹۷ | ۱۰۰ | ۰/۰۳۲ | ۰/۳۷۳۹ |
| تجزیه‌پذیری موثر (درصد) | | | | |
| ۰/۰۲ نرخ عبور در ساعت | ۸۳/۸۳ | ۸۲/۷۷ | ۰/۴۲۰ | ۰/۹۱۶۴ |
| ۰/۰۵ نرخ عبور در ساعت | ۷۰/۱۰ | ۶۸/۶۷ | ۰/۷۷۳ | ۰/۲۵۲۵ |
| ۰/۰۸ نرخ عبور در ساعت | ۶۲/۱۷ | ۵۹/۸۷ | ۰/۸۸۶ | ۰/۱۴۲۷ |
| **کنجاله کلزا** | | | | |
| بخش تجزیه‌پذیر سریع (درصد) | ۲۶//۶۸ | ۲۱/۷۶ | ۱/۴۱۷ | ۰/۰۷۰۲ |
| بخش تجزیه‌پذیر آهسته (درصد) | ۵۹/۸۸ | ۶۵/۳۹ | ۱/۴۴۸ | ۰/۰۵۴۷ |
| نرخ تجزیه‌پذیری (درصد در ساعت) | ۵/۳۸ | ۵/۹۷ | ۰/۲۲۵ | ۰/۱۴۶۹ |
| زمان تأخیر (ساعت) | ۰ | ۰/۵ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد) | ۸۶/۵۷ | ۸۵/۴۷ | ۱/۰۶۲ | ۰/۵۰۴۸ |
| تجزیه‌پذیری موثر (درصد) | | | | |
| ۰/۰۲ نرخ عبور در ساعت | ۷۰/۲۳ | ۶۹/۰۰ | ۰/۲۲۴ | ۰/۰۱۷۹ |
| ۰/۰۵ نرخ عبور در ساعت | ۵۷/۶۳ | ۵۵/۶۰ | ۰/۲۸۱ | ۰/۰۰۶۹ |
| ۰/۰۸ نرخ عبور در ساعت | ۵۰/۶۷ | ۴۷/۹۷ | ۰/۴۰۷ | ۰/۰۰۹۴ |

SEM: خطای استاندارد میانگین

تفاوت معنی‌داری بین دو روش *in situ* و *in vitro* از نظر برآورد اندازه تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۰/۰۵ در ساعت در مورد کنجاله کلزا (P=۰/۰۰۶۹)، دانه جو (P=۰/۰۰۰۵)، دانه ذرت (P=۰/۰۰۷۲) و یونجه خشک (P=۰/۰۱۸۱) مشاهده شد. میزان تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۰/۰۸ در ساعت تنها در مورد کنجاله سویا تحت تأثیر روش برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری قرار نگرفت. در مجموع وقتی کل مواد خوراکی علوفه‌ای و کنسانتره‌ای همراه یکدیگر در نظر گرفته شدند، بین دو روش *in situ* و *in vitro* تفاوت معنی‌داری از نظر برآورد فراسنجه *a* (P<۰/۰۰۰۱) و مدت زمان تأخیر (P<۰/۰۰۰۱) مشاهده شد، ولی برای سایر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری تفاوتی بین دو روش بررسی روند تجزیه‌پذیری وجود نداشت (جدول ۶). اگرچه در مورد برخی از این فراسنجه‌ها مانند فراسنجه *b* و تجزیه‌پذیری موثر تفاوت‌های آماری معنی‌داری بین دو روش مشاهده گردید، ولی با توجه به نزدیکی میانگین‌های فراسنجه‌های مربوطه در دو روش، ضرایب همبستگی معنی‌دار و بالایی ثبت گردید. به طوریکه ضرایب همبستگی بالایی بین دو روش *in situ* و *in vitro* از نظر برآورد بخش تجزیه‌پذیر آهسته، نرخ تجزیه‌پذیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر مشاهده شد

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

(جدول ۷). ولی ضریب همبستگی بین دو روش در مورد برآورد فراسنجه تجزیه‌پذیر سریع و مدت زمان تأخیر معنی‌دار نگردید.

جدول ۴- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک برآورد شده کنسانتره‌های دانه‌ای با استفاده از روش‌های *in situ* و *in vitro*

| | *in situ* | *in vitro* | SEM | *P*-Value |
|---|---|---|---|---|
| **دانه جو** | | | | |
| بخش تجزیه‌پذیر سریع (درصد) | ۵۴/۷۶ | ۱۷/۹۷ | ۲/۶۴۹ | ۰/۰۰۰۶ |
| بخش تجزیه‌پذیر آهسته (درصد) | ۳۴ | ۷۰/۵۲ | ۲/۷۲۴ | ۰/۰۰۰۷ |
| نرخ تجزیه‌پذیری (درصد در ساعت) | ۱۷/۲۹ | ۱۸/۳۸ | ۱/۷۹۳ | ۰/۶۸۹۵ |
| زمان تأخیر (ساعت) | ۰ | ۰/۳۷ | ۰/۲۴۷ | ۰/۴۲۲۶ |
| پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد) | ۸۸/۷۷ | ۸۸/۴۳ | ۰/۳۳۸ | ۰/۵۲۴۳ |
| تجزیه‌پذیری موثر (درصد) | | | | |
| ۰/۰۲ نرخ عبور در ساعت | ۸۵/۰۰ | ۸۱/۵۷ | ۰/۲۱۳ | ۰/۰۰۰۳ |
| ۰/۰۵ نرخ عبور در ساعت | ۸۱/۰۰ | ۷۳/۴۰ | ۰/۵۲۵ | ۰/۰۰۰۵ |
| ۰/۰۸ نرخ عبور در ساعت | ۷۷/۵۳ | ۶۷/۱۷ | ۱/۰۰۲ | ۰/۰۰۱۹ |
| **دانه ذرت** | | | | |
| بخش تجزیه‌پذیر سریع (درصد) | ۱۷/۸۷ | ۱۲/۴۱ | ۱/۳۳۵ | ۰/۰۴۴۵ |
| بخش تجزیه‌پذیر آهسته (درصد) | ۷۰/۲۶ | ۷۳/۲۴ | ۲/۹۸۷ | ۰/۵۱۹۰ |
| نرخ تجزیه‌پذیری (درصد در ساعت) | ۸/۲۹ | ۸/۹۹ | ۰/۲۹۲ | ۰/۱۶۴۰ |
| زمان تأخیر (ساعت) | ۰/۳۰ | ۱/۲۷ | ۰/۱۷۴ | ۰/۰۱۷۴ |
| پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد) | ۸۷/۱۰ | ۸۵/۶۳ | ۱/۶۶۸ | ۰/۵۶۷۹ |
| تجزیه‌پذیری موثر (درصد) | | | | |
| ۰/۰۲ نرخ عبور در ساعت | ۷۴/۰۰ | ۷۲/۲۷ | ۰/۸۸۹ | ۰/۲۳۹۷ |
| ۰/۰۵ نرخ عبور در ساعت | ۶۲/۱۰ | ۵۹/۵۳ | ۰/۳۵۹ | ۰/۰۰۷۲ |
| ۰/۰۸ نرخ عبور در ساعت | ۵۳/۸۰ | ۵۱/۴۰ | ۰/۳۵۱ | ۰/۰۰۸۴ |

SEM: خطای استاندارد میانگین

روش مورد استفاده در این پژوهش شامل استفاده از یک مخلوط حاوی مایع شکمبه و بافر بود که تمام مواد خوراکی مورد آزمایش در کنار هم، داخل یک بطری هضمی و با استفاده از دستگاه Daisy [II] تحت فرایند هضم شکمبه‌ای قرار گرفته و نتایج به دست آمده با استفاده از روش آزمایشگاهی ابداعی با روش *in situ* به‌عنوان روش مرجع مقایسه شدند. در مورد اکثر مواد خوراکی، روش *in vitro* ابداعی در این پژوهش مقدار فراسنجه *a* را کمتر و زمان تأخیر را بیشتر از روش *in situ* برآورد کرد که با ضریب همبستگی کوچک و غیر معنی‌دار بین دو روش مشخص شد. میزان کمتر بخش سریع تجزیه و مدت زمان بیشتر زمان تأخیر برآورد شده توسط روش *in vitro* در مقایسه با روش *in situ* نشان از کند بودن شروع فرایند تجزیه در روش *in vitro* دارد که احتمالاً به علت غلظت کمتر میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده در بطری‌های هضمی است (۲۷).

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

جدول ۵- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک برآورد شده مواد علوفه‌ای با استفاده از روش‌های *in situ* و *in vitro*

| | *in situ* | *in vitro* | SEM | *P*-Value |
|---|---|---|---|---|
| **یونجه خشک** | | | | |
| بخش تجزیه‌پذیر سریع (درصد) | ۳۶/۲۳ | ۲۵/۹۷ | ۱/۵۷۹ | ۰/۰۱۰۱ |
| بخش تجزیه‌پذیر آهسته (درصد) | ۳۲/۷۱ | ۴۰/۰۶ | ۱/۹۰۰ | ۰/۰۵۲۳ |
| نرخ تجزیه‌پذیری (درصد در ساعت) | ۶/۰۳ | ۷/۲۸ | ۰/۱۸۷ | ۰/۰۰۹۱ |
| زمان تأخیر (ساعت) | ۰/۰۳ | ۱/۵۳ | ۰/۲۹۶ | ۰/۰۲۳۲ |
| پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد) | ۶۸/۹۷ | ۶۶/۰۰ | ۰/۳۱۹ | ۰/۰۰۲۸ |
| تجزیه‌پذیری موثر (درصد) | | | | |
| ۰/۰۲ نرخ عبور در ساعت | ۶۰/۸۰ | ۵۷/۴۷ | ۰/۳۵۹ | ۰/۰۰۲۸ |
| ۰/۰۵ نرخ عبور در ساعت | ۵۴/۰۷ | ۴۹/۹۰ | ۰/۷۶۳ | ۰/۰۱۸۱ |
| ۰/۰۸ نرخ عبور در ساعت | ۵۰/۲۷ | ۴۵/۳۳ | ۰/۹۶۲ | ۰/۰۲۳۲ |
| **سیلوی ذرت** | | | | |
| بخش تجزیه‌پذیر سریع (درصد) | ۴۲/۶۰ | ۲۸/۸۰ | ۱/۹۱۱ | ۰/۰۰۷۰ |
| بخش تجزیه‌پذیر آهسته (درصد) | ۲۶/۲۴ | ۳۷/۲۴ | ۱/۹۱۳ | ۰/۰۱۵۲ |
| نرخ تجزیه‌پذیری (درصد در ساعت) | ۳/۳۸ | ۵/۶۵ | ۰/۳۲۹ | ۰/۰۰۸۴ |
| زمان تأخیر (ساعت) | ۰/۰۳ | ۰/۶۳ | ۰/۳۸۰ | ۰/۳۲۶۸ |
| پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد) | ۶۸/۸۳ | ۶۶/۶۷ | ۰/۶۱۴ | ۰/۰۳۳۴ |
| تجزیه‌پذیری موثر (درصد) | | | | |
| ۰/۰۲ نرخ عبور در ساعت | ۵۹/۰۷ | ۵۶/۳۷ | ۰/۲۴۷ | ۰/۰۰۱۵ |
| ۰/۰۵ نرخ عبور در ساعت | ۵۱/۶۷ | ۴۸/۶۳ | ۰/۹۵۹ | ۰/۰۸۹۱ |
| ۰/۰۸ نرخ عبور در ساعت | ۴۸/۰۳ | ۴۴/۳۰ | ۱/۴۸۲ | ۰/۱۴۹۶ |

SEM: خطای استاندارد میانگین

جدول ۶- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک برآورد شده برای کل مواد خوراکی (علوفه‌ها و کنسانتره‌ها) با استفاده از روش‌های *in situ* و *in vitro*

| | *in situ* | *in vitro* | SEM | *P*-Value |
|---|---|---|---|---|
| بخش تجزیه‌پذیر سریع (درصد) | ۳۸/۸۱ | ۲۳/۷۱ | ۲/۲۱۵ | ۰/۰۰۰۱ |
| بخش تجزیه‌پذیر آهسته (درصد) | ۴۸/۵۴ | ۶۰/۴۰ | ۴/۱۶۵ | ۰/۰۵۲۱ |
| نرخ تجزیه‌پذیری (درصد در ساعت) | ۷/۷۳ | ۸/۸۲ | ۱/۱۱۳ | ۰/۴۹۴۱ |
| زمان تأخیر (ساعت) | ۰/۱۵ | ۱/۰۸ | ۰/۱۴۰ | ۰/۰۰۰۱ |
| پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد) | ۸۳/۱۱ | ۸۱/۷۵ | ۳/۰۲۱ | ۰/۷۵۲۶ |
| تجزیه‌پذیری موثر (درصد) | | | | |
| ۰/۰۲ نرخ عبور در ساعت | ۷۲/۲۶ | ۷۰/۱۴ | ۲/۶۶۱ | ۰/۵۷۶۶ |
| ۰/۰۵ نرخ عبور در ساعت | ۶۲/۴۸ | ۵۹/۱۰ | ۲/۶۰۸ | ۰/۳۶۷۰ |
| ۰/۰۸ نرخ عبور در ساعت | ۵۶/۷۸ | ۵۲/۵۴ | ۲/۵۳۰ | ۰/۲۴۴۸ |

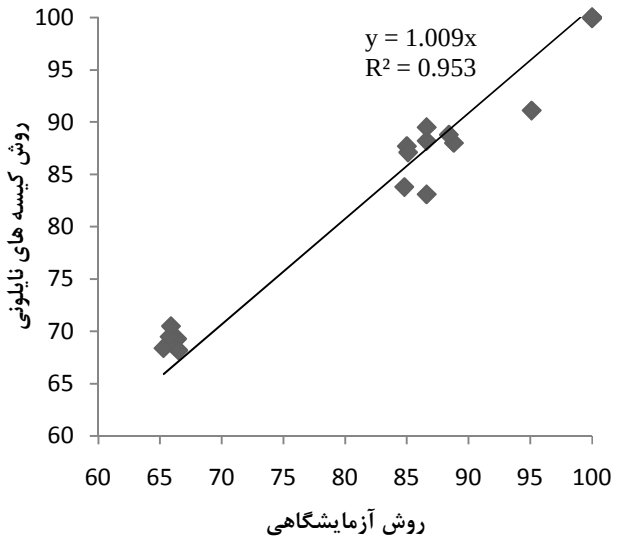
SEM: خطای استاندارد میانگین

جدول ۷- ضرایب همبستگی (r) بین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری برآورد شده توسط دو روش *in situ* و *in vitro* برای کل مواد خوراکی (علوفه‌ها و کنسانتره‌ها)

| تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۰/۰۸ | تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۰/۰۵ | تجزیه‌پذیری موثر در نرخ عبور ۰/۰۲ | پتانسیل تجزیه‌پذیری | زمان تأخیر | نرخ تجزیه‌پذیری | بخش تجزیه‌پذیر آهسته | بخش تجزیه‌پذیر سریع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۸۷** | ۰/۹۰** | ۰/۸۷** | ۰/۹۸** | -۰/۱۳ | ۰/۸۹** | ۰/۷۲** | ۰/۱۶ |

*: معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، **: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]




شکل ۱- نمودار رگرسیون بین دو روش آزمایشگاهی و کیسه های نایلونی در برآورد پتانسیل تجزیه‌پذیری ماده خشک

در روش *in vitro* برای خنثی‌سازی اسیدهای چرب فرار تولید شده در طی تجزیه مواد خوراکی توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه، مایع شکمبه با نسبت ۱ به ۴ با محلول بافری مخلوط می‌شود که سبب کاهش غلظت میکروب‌ها در هنگام شروع فرآیند هضم در داخل بطری‌های هضمی خواهد شد (۲۷). همچنین فرایند تهیه مایع شکمبه از دام‌های فیستوله‌دار به علت خارج شدن میکروب‌ها از شرایط بی‌هوازی و قرارگیری میکروب‌ها در دمایی نامناسب و خارج از شکمبه، هر چند برای مدت زمان کوتاه، ممکن است روند شروع هضم میکروبی در شرایط *in vitro* را تحت تأخیر قرار داده و سبب طولانی‌تر شدن زمان تأخیر در روش *in vitro* گردد (۲۷). به‌نظر میرسد این وضعیت در مورد مواد خوراکی مانند دانه جو که نرخ ناپدید شدن شکمبه‌ای بالایی دارند، شدیدتر باشد به‌طوریکه ضریب همبستگی بین دو روش در مورد برآورد بخش تجزیه‌پذیر سریع، با خارج کردن داده‌های مربوط به دانه جو بهبود می‌یابد (r=۰/۸۷).

بخش *b* برآورد شده توسط روش *in vitro* در مورد برخی مواد خوراکی مانند کنجاله سویا، دانه جو، یونجه خشک و ذرت سیلو شده بیشتر از اندازه برآورد شده از طریق روش *in situ* بود ولی ضریب همبستگی بالای بین دو روش نشان از توانایی نسبی روش *in vitro* ابداعی در برآورد فراسنجه b دارد. در تلاشی مشابه برای ارائه روشی جایگزین برای روش *in situ*، تراموسیا و همکاران (۲۲) سعی در برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین ۱۰ ماده خوراکی با استفاده از آنزیم پروتئاز قارچ استرپتومایسس گریسوس (*S. griseus*) کرده و گزارش کردند که نتایج به دست آمده به جز در مورد ۲ ماده خوراکی دارای چربی بالا (جوانه ذرت و دانه سویای کامل) نزدیک به نتایج حاصل از تکنیک

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

*in situ* است. این محققین همچنین بیان کردند که روش آنزیمی نیاز به بهبود دارد به طوریکه به نظر می‌رسد که استفاده از آنزیم‌های پروتئاز به تنهایی برای تجزیه کامل پروتئین موجود در مواد خوراکی کافی نیست. ادموندز و همکاران (۶) نیز از آنزیم پروتئاز استرپتومایسس گریسوس برای برآورد درصد پروتئین غیر قابل تجزیه برخی مواد علوفه‌ای استفاده کرده و گزارش کردند که این روش آزمایشگاهی می‌تواند برای پیش‌بینی تخمین‌های روش *in situ* با اطمینان بالایی استفاده شود. ساسمل و همکاران (۲۰) با استفاده از بافر فسفات، مخلوط بافر فسفات و آنزیم پروتئاز باکتری استرپتومایسس گریسوس، مایع بدون میکروب شکمبه و مایع شکمبه کامل فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ۱۰ ماده خوراکی کنسانتره‌ای را مورد بررسی قرار داده و و با روش *in situ* مقایسه کردند. آنها گزارش کردند که تفاوتی بین روش‌های مورد مطالعه از نظر برآورد فراسنجه *a* وجود نداشت ولی درصد بخش *b* برآورد شده توسط روش *in situ* به طور معنی‌داری بیش از روش‌های دیگر بود که نشان از درصد هضم کمتر نمونه‌های مورد آزمایش در روش‌های آزمایشگاهی مورد مطالعه داشت. این نتایج با نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر مغایرت دارد که به علت تفاوت در روش آزمایشگاهی به کار رفته است. به طوریکه در پژوهش حاضر از مایع شکمبه‌ای کامل به همراه مخلوط بافری به منظور خنثی‌سازی اسیدهای تخمیری تولید شده در طی فرآیند هضم استفاده شد که علاوه بر وجود تمام گونه‌های میکروبی شکمبه‌ای اعم از هضم‌کننده دیواره سلولی و مواد نشاسته‌ای که میزان هضم را حداکثر می‌نماید، اثر ممانعت‌کنندگی اسیدهای تخمیری بر هضم و تجزیه مواد خوراکی را نیز تا حد زیادی خنثی می نماید.

گراهام و آمان (۸) با استفاده از روش تیلی و تری سعی در برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری کاه جو فرایند شده با آمونیاک کردند و گزارش کردند که نرخ و درصد هضم ماده خشک کاه در روش *in situ* بیشتر از روش *in vitro* بود ولی نرخ تجزیه‌پذیری همی سلولز، سلولز، لیگنین و پروتئین خام باقیمانده از شوینده خنثی[1] (NDFCP) تحت تأثیر روش انکوباسیون قرار نگرفت. همچین وارل و کریک میر (۲۷) نیز با استفاده از روش تیلی و تری سعی در برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری الیاف حاصل از شوینده خنثی علوفه یونجه و بروم گراس کرده و گزارش کردند که روش *in situ* دارای زمان تأخیر کوتاهتر (۳/۵ ساعت)، میزان هضم بیشتر (۶ درصد) و نرخ تجزیه‌پذیری سریعتر (۰/۰۳ در ساعت) نسبت به روش *in vitro* بود. در مطالعه حاضر نیز فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک یونجه و ذرت سیلو شده شامل بخش تجزیه‌پذیر سریع، بخش تجزیه‌پذیر آهسته و نرخ تجزیه‌پذیری که توسط روش *in situ* برآورد شده بودند، به طور معنی‌داری از مقادیر برآورد شده توسط روش *in vitro* متفاوت بودند. این نتایج با نتایج گراهام و آمان (۸) و وارل و کریک میر (۲۷) مطابقت دارد.

1- Neutral detergent fiber crude protein

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که اگرچه در مورد برخی از مواد خوراکی مورد آزمایش تفاوت‌هایی بین دو روش از نظر برآورد فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری مشاهده شد، ولی ضرایب همبستگی بالا بین روش‌های *in situ* و *in vitro* در پژوهش حاضر در مورد برآورد بخش تجزیه‌پذیر آهسته، نرخ تجزیه‌پذیری پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر، می‌تواند نشان از کارایی روش ابداعی داشته باشد. لذا به نظر می‌رسد که بتوان از این روش برای برآورد بخش کند تجزیه، نرخ تجزیه‌پذیری، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر مواد خوراکی که سرعت تجزیه بالایی ندارند، استفاده کرد. البته نیاز به تحقیقات بیشتری برای بررسی کارایی روش *in vitro* ابداعی با استفاده از مواد خوراکی بیشتر است.

## منابع


1. AFRC. 1992. Estimation of protein degradability: A standard method for in situ measurement of nitrogen disappearance from dacron bags suspended in the rumen. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B), 62: 834-835.
2. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Arlington, VA.
3. ARC. 1984. TheNutrient Requirements of Ruminant Livestock, Supplement No. 1.Commonwealth Agicultural Bureau, Slough, England.
4. Aufrère, J., D. Graviou, C. Demarquilly, R. Vérité, B. Michalet-Doreau and P. Chapoutot. 1991. Predicting *in situ* degradability of feed proteins in the rumen by two laboratory methods (solubility and enzymatic degradation). Animal Feed Science and Technology, 33: 97-116.
5. Chen, X.B. 1995. "Fitcurve" macro, IFRU, The Macaulay Institute, Aberdeen, UK.
6. Edmunds, B., K.H. Sudekum, H. Spiekers and F.J. Schwarz. 2012. Estimating ruminal crude protein degradation of forages using *in situ* and *in vitro* techniques. Animal Feed Science and Technology, 175: 95-105.
7. Givens, D.I., E. Owen, R.F.E. Axford and H.H. Omed. 2000. Forage Evaluation. CABI *Publishing*, Wallingford, 480 pp.
8. Graham, Hand P. Aman. 1984. A comparison between degradation of *in vitro* and in sacco of constituents of untreated and ammonia treated barley straw. Animal Feed Science and Technology, 10:199-211.
9. Holden, L.A. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. Journal of Dairy Science, 82: 1791-1794.
10. Krishnamoorthy, U., C.J. Sniffen, M.D. Stern and P.J. Van Soest. 1983. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and an *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. British Journal of Nutrition, 50: 555-568.
11. Madsen, J. and T. Hvelplund. 1994. Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen: results of a European ringtest. Livestock Production Science, 39: 201-212.
12. McAnally, R.A. 1942. Digestion of straw by ruminants. Biochemistry Journal, 36: 392-399.


[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

13. McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. Journal of Agricultural Science, 96: 251-252.
14. Mehrez, A.Z. and E.R. Orskov. 1977. Astudy of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. Journal of Agriculture Science, Cambridge, 88: 645-650
15. Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agriculture Science, 92: 499-503.
16. Ørskov, E.R., F.D. Deb Hovell and F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Tropical Journal of Animal Production, 5: 195-213.
17. Quin, J.I., J.G. Van Der Wath and S. Myburgh. 1938. Studies on the alimentary tract of Merino sheep in South Africa. 4. Description of experimental technique. Onderstrepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry, 11: 341-360.
18. SAS Institute. 2003. SAS User's Guide: Statistics, Release 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
19. Stern, M.D., A. Bach and S. Calsamiglia. 1997. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. Journal of Animal Science, 75: 2256-2276.
20. Susmel, P., C.R. Mills, M. Colitti and B. Stefanon. 1993. *In vitro* solubility and degradability of nitrogen in concentrate feeds. Animal Feed Science and Technology, 42: 1-13.
21. Sveinbjornsson, J., M. Murphy and P. Uden. 2007. *In vitro* evaluation of starch degradation from feeds with or without heat treatments. Animal Feed Science and Technology, 132: 171-185.
22. Terramoccia, S., S. Puppo, L. Rizzi and F. Martillotti. 1992. Comparison between *in sacco*and *in vitro* protein rumen degradability. Annales de Zootechnie, 20-41 pp.
23. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the digestion of forage crops. Journal of British Grassland Society, 18: 104-111.
24. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharide in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.
25. Vanzant, E.S., R.C. Cochran and E.C. Titgemeyer. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. Journal of Animal Science, 76: 2717-2729.
26. Vanzant, E.S., Cochran, R.C. and E.C Titgemeyer. 1998. Standardizationof in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation.Journal of Animal Science, 76: 2717-2729.
27. Varel, V.H. and K.K. Kreikemeier. 1995. Technical Note: Comparison of *In Vitro* and *In Situ* Digestibility Methods. Journal of animal Science, 73: 578-582.
28. Velasquez, A. and G. Pichard. 2010. Effect of rumen fluid pre-incubation on *in vitro* proteolytic activity of enzymatic from rumen microorganisms. Animal Feed Science and Technology, 162: 75-82.
29. Wilkerson, V.A., T.J. Klopfenstein and W.W. Stroup. 1995. A collaborative study of *in situ* forage protein degradation. Journal of Animal Science, 73: 583-588.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]

# Comparison of *In vitro* and *In situ* Techniques for Estimating Dry Matter Degradability in Some Feedstuffs

**Hossein Abdi benmar[1] and Abdolah Sobhani Senjabod[2]**

1- Assistant Professor, University of Mohaghegh ardabili, Ardabil
(Corresponding author: abdibenemar@uma.ac.ir
2- Instructor, University of Mohaghegh ardabili, Ardabil
Received: June 13, 2013 Accepted: December 2, 2013

**Abstract**

The objective of this study was to compare dry matter degradability of some feedstuffs including soybean meal, canola meal, barley grain, corn grain, alfalfa hay and corn silage by *in vitro* and *in situ* techniques. The *in vitro* method includes the ruminal digestion stage of the *in vitro* dry matter digestibility technique. Significant differences were observed between two methods in the estimation of the immediately soluble fraction for all feedstuffs except for canola meal ($P<0.05$). Two methods had significant differences with each other for estimating the potentially degradable fraction of soybean meal, barley grain, alfalfa hay and corn silage ($P<0.05$). It was not observed significant differences between two methods for estimating the degradability rate of the feedstuffs except for forage feeds. But, high correlations were observed between two methods in the estimation of the potentially degradable fraction (r=0.72), rate of degradability (r=0.89), potential of degradability (r=0.98) and the effective degradability ($P<0.01$). The results showed that there were significant differences between two methods in the estimation of degradability parameters, but the observed high correlation coefficients for some degradability parameters could indicate the relative ability of the innovative method.

**Keywords***:* In situ method, In vitro method, Degradability

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08 ]