

تعیین میزان قابلیت هضم و تجزیه پذیری پسماند رستوران با استفاده از روش های حیوان زنده، کیسه های نایلونی و تکنیک تولید گاز

مهدی مرادی^۱، علی حسین خانی^{۲*}، صادق علیجانی^۲، حسین دقیق کیا^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۶)

چکیده

آزمایش حاضر به منظور تعیین ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و تجزیه پذیری پسماند رستوران با روش های حیوان زنده، کیسه های نایلونی و تکنیک تولید گاز انجام شد. قابلیت هضم با روش حیوان زنده با استفاده از ۱۶ راس گوسفند نر هیبرید قزل-آرخار مرینوس با میانگین وزن 43 ± 0.5 کیلوگرم انجام شد. جیره های آزمایشی شامل ۴ تیمار صفر، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد پسماند رستوران به همراه جیره پایه یونجه بودند. در روش آزمایشگاهی از دو راس گوسفند هیبرید قزل-آرخار مرینوس مجهز به کانولای شکمبه با میانگین وزن 40 ± 1.5 کیلوگرم استفاده شد. ترکیبات شیمیایی پسماند رستوران شامل ماده خشک، چربی خام، پروتئین خام، الیاف خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز به ترتیب $33/4$ ، 14 ، 15 ، $1/8$ ، $15/2$ و $6/8$ درصد تعیین شد. میانگین مقدار گاز تولیدی و انرژی قابل متابولیسم با استفاده از روش تولید گاز به میزان $87/7$ میلی لیتر در گرم ماده خشک و $3/27$ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک محاسبه شد. تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام پسماند رستوران در سرعت های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت به ترتیب $49/2$ ، $44/8$ و $41/2$ درصد برای ماده خشک و $71/1$ ، $64/6$ و $59/5$ درصد برای پروتئین خام تعیین شد. نتایج تحقیق بیانگر آن است که پسماند رستوران می تواند در جیره نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: پسماند رستوران، تولید گاز، روش حیوان زنده، کیسه های نایلونی، گوسفند

مقدمه

استفاده از پسماند رستوران به دلایلی از جمله رقابت بین انسان و حیوان در مصرف غلات، افزایش آلودگی محیط زیست و هزینه تولید محصولات دامی حائز اهمیت است. دفع زباله‌های شهری در بیشتر کشورها نگرانی‌هایی را در رابطه با محیط زیست ایجاد کرده است (Myer *et al.*, 1999). از طرفی ۴۰ تا ۵۰ درصد از خوراک دام‌های اهلی از غلات تامین می‌شود که با افزایش جمعیت جهان رقابت برای مصرف غلات رو به افزایش می‌رود. علاوه بر این مصرف غلات در جیره دام‌ها هزینه تولید محصولات دامی را افزایش می‌دهد. از آنجائیکه ۶۰ تا ۷۰ درصد از مخارج روزمره واحدهای دامداری را هزینه‌های مربوط به خوراک تشکیل می‌دهد (Dhakad *et al.*, 2002). بنابراین استفاده از غلات به عنوان خوراک دام چندان منطقی و مطلوب نیست.

مدیریت مناسب پسماند رستوران منجر به کاهش آلودگی هوا، آب و خاک می‌شود. همچنین از اثرات منفی آن بر محیط زیست و بهداشت عمومی می‌کاهد (Pilar *et al.*, 2004). استفاده از پسماند رستوران به عنوان خوراک جایگزین در تغذیه نشخوارکنندگان منجر به کاهش رقابت و هزینه تولید محصولات دامی می‌شود. پسماند رستوران علاوه بر استفاده به عنوان خوراک در صنعت دامپروری می‌تواند جهت تولید کمپوست، هضم بی‌هوازی، سوزاندن و تولید بیوگاز، که از معمولترین روش‌های مدیریت پسماند است، به طور بهینه استفاده شود (Westendorf *et al.*, 1998). با توجه به شرایط و نبود تکنولوژی و مدیریت بهینه پسماندها در ایران، راه‌حل صحیح، استفاده از پسماندها به عنوان خوراک دام با تاکید بر تولید ملی در صنعت دامپروری و حفظ محیط زیست است.

استفاده از پسماندهای غذایی در تغذیه حیوانات اولین بار توسط (Minkler 1914) پیشنهاد شد. محققین متعددی از پسماندها در جیره خوک استفاده کردند (Boda, 1990; Mir and Mir, 1993; Marquis, 2007) بطوریکه طی سال‌های اخیر در بیشتر نقاط دنیا شاهد استفاده از پسماند رستوران در جیره حیوانات اهلی می‌باشیم (Westendorf *et al.*, 1998). طی تحقیقی نشان داده شد که با جایگزینی کنجاله سویا و ذرت با پسماند آشپزخانه درجیره گاوهای

گوشتی، عملکردی مشابه با جیره کنترل می‌توان بدست آورد (Walker *et al.*, 2002). همچنین این محققین گزارش کردند که استفاده از پسماند غذا در جیره نشخوارکنندگان کوچک تا سطح ۲۵ درصد جایگزینی با کنجاله سویا بر عملکرد دام موثر بوده و این سطح استفاده از پسماندهای غذا در جیره گوسفندان هزینه‌های تولید را به میزان ۳۵/۱ درصد کاهش داد (Walker *et al.*, 2002; Walker *et al.*, 1998).

تعیین قابلیت هضم یکی از روش‌های مهم جهت تعیین ارزش تغذیه‌ای مواد خوراکی در تغذیه دام است. به منظور داشتن تغذیه اصولی با استفاده از مواد خوراکی غیرمتعارف در صنعت دامپروری، اطلاع از ترکیب شیمیایی خوراک و تعیین قابلیت هضم و تجزیه‌پذیری مواد مغذی آن ضرورتی اجتناب ناپذیر است. تعیین قابلیت هضم مواد خوراکی با استفاده از روش‌هایی مانند حیوان زنده (*in vivo*)، کیسه های نایلونی (*in situ*) و تولید گاز (*in vitro*) صورت می‌گیرد. استفاده از هر کدام از این روش‌ها به تنهایی دارای معایب و مزایایی است (Nikkhah *et al.*, 2007; Hvelplund *et al.*, 2000; Kjos *et al.*, 2000). استفاده از داده‌های کینتیک تخمیر و ارزیابی ارزش تغذیه‌ای خوراک با استفاده همزمان از دو روش *in vitro* و *in situ* تخمین‌های به‌دست آمده را بهبود می‌دهد (Orskov *et al.*, 1988).

با توجه به اینکه اطلاعاتی در زمینه ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای پسماند رستوران در ایران وجود ندارد، تحقیق حاضر با اهداف تعیین ترکیبات شیمیایی، تخمین قابلیت هضم به روش‌های *in vitro* و *in vivo* و همچنین خصوصیات تجزیه‌پذیری به روش *in situ* در پسماند رستوران انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های پسماند رستوران

نمونه‌های مورد آزمایش از پسماندهای سلف سرویس مرکزی دانشگاه تبریز تهیه شد. جهت نمونه‌گیری به مدت ۲ ماه به صورت تصادفی (۳ روز در هفته) از پسماندهای آشپزخانه (برنامه غذایی متنوع) نمونه‌هایی جمع‌آوری و در آن با دمای °C ۶۵ خشک شد. نمونه‌ها تا زمان انجام

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از رویه Proc Mixed و Proc GLM نرم افزار آماری SAS (2001) تجزیه و تحلیل شدند. همچنین مقایسه‌های میانگین بین تیمارها با آزمون توکی (در سطح احتمال ۵ درصد) صورت گرفت.

تجزیه‌پذیری با استفاده از کیسه‌های نایلونی

در این روش از ۲ راس گوسفند هیبرید قزل-آرخا مرینوس سالم مجهز به کانولای فیستولا شکمبه‌ای با میانگین وزن $41 \pm 1/5$ کیلوگرم استفاده شد. گوسفندان در دو نوبت، ۸ صبح و ۴ بعدازظهر طی دو هفته قبل از شروع انکوباسیون و در طی دوره آزمایش با جیره در سطح نگهداری (۴۰ درصد کنسانتره جهت تامین احتیاجات غذایی دام و میکروارگانسیم‌ها) تغذیه شدند. لازم به ذکر است که دام‌ها به آب تازه و سنگ نمک به‌طور آزاد دسترسی داشتند. نمونه‌های مورد آزمایش به‌مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای 65°C خشک و سپس با آسیاب دارای غربال ۲ میلی‌متر آسیاب شدند. نمونه پسماند رستوران به میزان ۳ گرم ماده خشک (AFRC, 1992) را داخل کیسه‌های نایلونی به ابعاد 9×15 سانتی‌متر با قطر منافذ ۴۵ میکرومتر مطابق استاندارد توصیه شده Hvelplund and Weisbjerg (2000) ریخته و درب کیسه‌ها با حلقه پلاستیکی بسته و در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت انکوباسیون شد (Michalet-Doreau *et al.*, 1992). برای نمونه مورد آزمایش در هر ساعت ۸ تکرار برای هر حیوان در نظر گرفته شد که برای هر گوسفند در هر دوره ۲ تکرار (دوره اول و دوره دوم انکوباسیون) بود (Orskov *et al.*, 1980). پس از خارج کردن کیسه‌ها، جهت توقف فعالیت میکروبی (همچنین نمونه‌های زمان صفر) کیسه‌ها با آب سرد شستشوی دستی شدند و این عمل تا خروج آب شفاف و زلال ادامه یافت. برای زمان صفر تنها از شستشوی کیسه‌ها در زیر آب جاری استفاده شد. بعد از عمل شستشو، کیسه‌ها جهت خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور با دمای 65°C قرار گرفت. درصد ماده، ماده آلی و پروتئین خام نمونه‌ها محاسبه و درصد تجزیه‌پذیری با استفاده از رابطه ۲ به دست آمد.

آزمایش‌ها لازم روی آنها در یخچال با دمای 20°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تعیین محتوای درصد ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر و چربی (عصاره اتری) پسماند آشپزخانه با استفاده از روش پیشنهادی AOAC (1990) و آنالیزهای مربوط به درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی سلولز نمونه خوراکی با روش (Van Soest *et al.*, 1991) انجام گرفت.

تعیین قابلیت هضم به روش حیوان زنده

در این تحقیق از ۱۶ راس گوسفند نر هیبرید قزل-مرینوس با میانگین وزنی $43 \pm 0/5$ کیلوگرم و میانگین سنی ۷-۸ ماه استفاده شد. با توجه به اینکه امکان استفاده از پسماند رستوران به‌تنهایی وجود نداشت بنابراین از پسماند در نسبت‌های صفر، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد به‌همراه یونجه خشک به‌عنوان (جیره پایه) استفاده شد. جیره‌ها روزانه طی ساعت‌های ۸ و ۲۰ به گوسفندان داده شد. جمع‌آوری مدفوع با استفاده از کیسه برزنت انفرادی متصل به دام صورت گرفت.

مدت آزمایش برای تعیین قابلیت هضم به سه بخش شامل مرحله تطبیق حیوان با شرایط جدید به مدت ۷ روز (عادت‌پذیری با شرایط آزمایش)، مرحله پیش آزمایش به مدت ۱۰ روز (مصرف ماده خوراکی مورد آزمایش) و مرحله آزمایش به‌مدت ۷ روز (جمع‌آوری و توزین جداگانه مدفوع و خوراک باقیمانده) تقسیم شد. پس از پایان آزمایش نمونه‌های جمع‌آوری شده خوراک و مدفوع به‌طور جداگانه با یکدیگر مخلوط و نمونه نهایی تهیه و توسط آسیاب الک یک میلی‌متری آسیاب شد. قابلیت هضم به روش تفاوت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Samadi *et al.*, 2008).

رابطه ۱:

$$100 \times (A-B)(C)/D = \text{قابلیت هضم ظاهری خوراک (درصد)}$$

در رابطه ۱: $A =$ قابلیت هضم ماده مغذی مورد نظر در کل جیره (جیره پایه + ماده خوراک مورد آزمایش)، $B =$ قابلیت هضم ماده مغذی مورد نظر در جیره پایه، $C =$ نسبتی از کل ماده مغذی مورد نظر در کل جیره و $D =$ نسبتی از کل ماده مغذی مورد نظر در کل جیره که به وسیله خوراک مورد آزمایش تامین می‌شود.

رابطه ۲:

$$\text{درصد تجزیه پذیری} = \frac{\text{وزن نمونه نهایی} - \text{وزن نمونه اولیه}}{\text{وزن نمونه اولیه}} \times 100$$

نظر گرفته شد. حجم گاز تولیدی در ساعت‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ بعد از انکوباسیون اندازه‌گیری و بر اساس وزن نمونه مواد خوراکی در هر زمان، توسط رابطه ۵ تصحیح شد.

$$V = (V_t - V_b) \times 100 / W \quad \text{رابطه ۵:}$$

که $V =$ حجم گاز تولیدی تصحیح شده بر حسب میلی‌لیتر به ازای هر گرم ماده خشک، $V_t =$ حجم گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی ماده خوراکی بر حسب میلی‌لیتر، $V_b =$ حجم گاز تولیدی در شیشه‌های فاقد ماده خوراکی بر حسب میلی‌لیتر و $W =$ وزن نمونه ماده خوراکی بر حسب میلی‌گرم بود. با استفاده از روابط ۶، ۷ و ۸ انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر محاسبه شد (Getachew et al., 2002; Menke et al., 1987).

رابطه ۶:

$$ME \text{ (MJ/kg DM)} = 1/0.6 + 0/1.57 \times GP + 0/0.84 \times CP + 0/0.22 \times EE - 0/0.81 \times CA$$

رابطه ۷:

$$DOM \text{ (درصد)} = 9 + 0/9991 \times GP + 0/0.595 \times CP + 0/0.181 \times CA$$

رابطه ۸:

$$SCFA \text{ (} 200 \text{ mg/DM)} = 0/0.222 \times GP - 0/0.425$$

در این روابط ME انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)، DOM میزان ماده آلی قابل تخمیر (درصد)، $SCFA$ میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (۲۰۰ میلی‌گرم در ماده خشک)، GP میلی‌لیتر گاز تولیدی از ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک ماده خوراکی مورد آزمایش پس از ۲۴ ساعت، CP مقدار پروتئین خام (درصد ماده خشک)، EE میزان چربی خام (درصد) و CA مقدار خاکستر (درصد) بود.

داده‌های حاصل با نرم افزار SAS (۲۰۰۱) بر اساس مدل آماری $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ تجزیه و تحلیل شد. در این مدل Y_{ij} مقدار مربوط به مشاهده‌های فراسنجه‌های تولید گاز، μ میانگین به دست آمده، T_i اثر تیمار و e_{ij} اثر خطای باقیمانده است.

با استفاده از رابطه غیر خطی ۳ فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر محاسبه شد (Orskov and McDonald, 1979).

$$P = a + b(I - e^{-ct}) \quad \text{رابطه ۳:}$$

که در این رابطه $P =$ پتانسیل تجزیه‌پذیری، $a =$ بخش سریع تجزیه، $b =$ بخش کند تجزیه، $c =$ ثابت تجزیه‌پذیری و $T =$ زمان ماندگاری نمونه در شکمبه است. تجزیه‌پذیری موثر (ERD) با استفاده از رابطه ۴ در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت محاسبه شد.

$$ERD = a + bc / (c + k) \quad \text{رابطه ۴:}$$

که $k =$ سرعت عبور مواد از شکمبه است (درصد در ساعت). داده‌های حاصل از تجزیه‌پذیری ماده خشک، ماده آلی و پروتئین خام به وسیله Proc Nlin بسته نرم افزار آماری SAS (2001) تجزیه و تحلیل شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (SAS, 2001).

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

از ۲ راس گوسفند فیستولدار هیبرید قزل-آرخابا مرینوس سالم با میانگین وزن $41 \pm 1/5$ کیلوگرم که با جیره حاوی ۵۰ درصد یونجه و ۵۰ درصد مواد متراکم خوراک‌دهی شدند، مایع شکمبه قبل از وعده غذایی صبح جمع‌آوری و از بین پارچه متقال ۴ لایه عبور داده شد. بلافاصله محلول صاف شده در داخل فلاسک حاوی CO_2 قرار گرفت و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. اندازه‌گیری تولید گاز به روش Fedorak and Hurdy (1983) انجام گرفت. برای این منظور ۳۰۰ میلی‌گرم از نمونه مورد آزمایش آسیاب شده با الک ۲ میلی‌متر همراه با ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بافر مک دوگال به نسبت ۱ به ۲ به درون شیشه‌های ۵۰ میلی‌لیتری همراه با جریان مداوم گاز CO_2 منتقل شد. برای هر تیمار آزمایشی، شش تکرار در نظر گرفته شد. شش بلانک (بدون اضافه کردن ماده خوراکی) جهت تصحیح میزان گاز تولیدی در

نتایج و بحث

است. در این مطالعه میزان چربی خام بیشتر از گزارش Walker et al. (2004) و Sadao et al. (2005) به ترتیب با ۷/۶ و ۵/۳ بود. مقادیر ترکیبات شیمیایی موجود در پسماند رستوران توسط محققان متعددی گزارش شده است (Walker et al., 1998; Walker et al., 2002; Sadao et al., 2005)، در عین حال اختلافاتی بین ترکیبات مشاهده شده است که این مساله را می‌توان به تفاوت در ماهیت پسماند حاصل از نوع مواد غذایی مصرفی، فرهنگ و ذائقه مصرف‌کنندگان نسبت داد.

با توجه به اینکه برنج و نان پایه اصلی غذای مصرفی در رستوران‌های ایران را شامل می‌شود بنابراین در پسماندهای رستوران نیز بخش عمده این ماده را برنج و نان تشکیل می‌دهد که به دلیل فرآوری‌های انجام گرفته در حین پخت غذا (استفاده از روغن) میزان چربی آن افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. در عین حال بسته به نوع خورشت مورد استفاده مقدار ترکیبات شیمیایی پسماند رستوران ممکن است تحت تاثیر قرار گیرد. قابلیت هضم مواد مغذی تیمارهای حاوی مقادیر متفاوت یونجه و پسماند رستوران در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام با افزایش نسبت پسماند رستوران به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین تفاوت معنی‌داری در قابلیت هضم چربی خام تیمارهای حاوی ۴۰ و ۵۰ درصد پسماند رستوران مشاهده نشد.

اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های مورد آزمایش در جدول ۱ نشان می‌دهد همزمان با افزایش درصد پسماند در جیره، ماده خشک، خاکستر و دیواره سلولی در این جیره کاهش یافت. هر چند ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام افزایش نشان می‌دهد. میانگین ترکیب شیمیایی یونجه و پسماند رستوران مورد آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. محتوای ماده خشک پسماند مورد استفاده در این تحقیق (۳۳/۴ درصد) کمتر از گزارش‌های (Walker et al., 1998; Walker et al., 2002) با ۳۷/۴۶ درصد بود اما از نتایج تحقیقات (Westendorf et al., 1998) و Kjos et al. (2000) بیشتر بود.

پروتئین خام حاصل از پسماند رستوران مورد آزمایش (۱۵ درصد)، با گزارش محققان دیگر مطابقت دارد (Marquis, 2007; Sadao, 2005). اما مقادیر پروتئین خام به دست آمده از تحقیقات (Walker et al., 1998; 2002; Westendorf et al., 1998; and Kjos et al., 2000) به ترتیب با ۲۹/۴، ۳۳، ۲۰، ۴۹، ۲۱/۴، درصد کمتر بود. پسماندهای مورد آزمایش با دارا بودن ۱۴/۱ درصد چربی خام، دارای سطوح پایین‌تری از این ماده مغذی در مقایسه با سایر مقادیر گزارش شده توسط Walker et al. (2000)، (Westendorf et al., 1998) و Kjos et al. (2000) به ترتیب با ۱۵/۸، ۲۷/۲ و ۳۳ درصد چربی کمتر بود، اما با نتایج Walker et al. (2002) مطابقت داشته

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی سطوح مختلف پسماند رستوران و یونجه (درصد ماده خشک)

Table 1. Ingredient and chemical composition of different levels of restaurant waste and alfalfa (percentage of DM)

	Experimental diets			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Alfalfa	100	60	50	40
Restaurant Waste	0	40	50	60
Chemical composition (% DM basis)				
Dry Matter	91.3	68.1	62.3	56.5
Organic Matter	91.9	93.3	93.7	94.1
Crude Protein	12.2	13.3	13.6	13.8
Ash	8.1	6.6	6.3	5.9
Ether Extract	2.5	7.1	8.3	9.4
Neutral Detergent Fiber	48.3	35.5	31.7	28.4

T₁: Diet with no RW, T₂: 40% of dietary alfalfa replaced by RW, T₃: 50% of dietary alfalfa replaced by RW, T₄: 60% of dietary alfalfa replaced by RW

جدول ۲- میانگین ترکیب شیمیایی پسماند رستوران (درصد ماده خشک)

Table 2. Average restaurant waste composition (percentage of DM)

	DM	CP	EE	OM	NDF	ADF	CF
Alfalfa	91.3	12.2	2.5	91.9	48.3	37.9	-
Restaurant Waste	33.4±6.1	15±2	14.1±2.9	95.9±3.6	15.2±8.6	6.8±2.3	1.8±0.8

گزارش شده است (Walker *et al.*, 2002). این محققین قابلیت هضم ماده خشک پسماند غذا را مشابه ذرت و کنجاله سویا، و همچنین قابلیت هضم پروتئین پسماند غذا را بیشتر از ذرت و کنجاله سویا بیان کردند. ضریب قابلیت هضم به دست آمده در تحقیق حاضر با نتایج به دست آمده در پژوهش Walker *et al.* (2002) متفاوت است (جدول ۳). این تفاوت در نتایج می تواند ناشی از تفاوت در ترکیب شیمیایی و ماهیت پسماند غذای مورد استفاده باشد. عبدی و همکاران (۱۳۸۴) نیز ترکیب خوراک و اثرات تجمعی اجزای آن را عاملی موثر بر قابلیت هضم مواد مغذی معرفی نمودند.

فراسنجه های مختلف تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر پسماند رستوران نشان داد بیشترین میانگین تجزیه پذیری موثر ماده خشک و پروتئین خام در سرعت عبور ۲ درصد در ساعت (۴۹/۲ و ۷۱/۱ درصد) است (جدول ۴).

روش کیسه های نایلونی یکی از روش های تخمین تجزیه پذیری پروتئین در نشخوارکنندگان است که دقت و تکرارپذیری داده های به دست آمده از آن حائز اهمیت است. بخش سریع تجزیه ماده خشک و پروتئین خام پسماند رستوران به ترتیب برابر ۵/۲ و ۱۷/۴ درصد بود.

قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی به روش *in vivo* در جیره حاوی فقط یونجه (جدول ۴) پایین تر از تحقیقات حسین خانی (۱۳۷۷) و Mir and Mir (1993) بود که می تواند ناشی از تفاوت های مربوط به نوع وارسته، زمان برداشت، نسبت برگ به ساقه و چین برداشت یونجه باشد. با افزایش نسبت پسماند رستوران در جیره قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و NDF افزایش می یابد. بین قابلیت هضم چربی خام در سطوح مختلف پسماند رستوران از نظر آماری تفاوت معنی داری مشاهده نشد. هر چند از قابلیت هضم چربی به طور چشمگیری کاسته شده است که احتمالاً به دلیل بالاتر بودن چربی خام و بروز اثرات منفی آن بر میکروفلور شکمبه بوده است. افزودن چربی منجر به کاهش هضم الیاف در جیره می شود. رابطه معکوسی در قابلیت هضم بین الیاف و چربی جیره وجود دارد (Tackett *et al.*, 1996). کاهش قابلیت هضم الیاف در سطوح بالای اسیدهای چرب به علت ممانعت از چسبیدن میکروارگانیسم ها به ذرات غذایی است (Maczulak *et al.*, 1981).

ضریب هضم ماده خشک، دیواره سلولی بدون همی سلولز، پروتئین خام و عصاره اتری پسماند رستوران در گوسفند به ترتیب ۵۴/۵، ۴۲/۶، ۶۰/۳ و ۷۶/۲ درصد

جدول ۳- قابلیت هضم مواد مغذی پسماند رستوران به روش حیوان زنده (درصد)

Table 3. *In vivo* digestibility of restaurant waste nutrients (percent)

	Experimental diets				SEM
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
DM	50.1 ^d	73.1 ^c	75 ^b	77.9 ^a	0.5
OM	52 ^c	61.9 ^b	67.8 ^a	69.2 ^a	2.7
EE	60.5 ^b	77.6 ^a	73.2 ^a	70.4 ^a	3.1
CP	59.1 ^d	72.2 ^c	75.6 ^b	78.5 ^a	1.2
NDF	42.4 ^a	31.7 ^b	28.2 ^c	25.9 ^d	0.8

T₁: diet with no RW, T₂: 40% of dietary alfalfa replaced by RW, T₃: 50% of dietary alfalfa replaced by RW T₄: 60% of dietary alfalfa replaced by RW

SEM= Standard Error of Means

جدول ۴- فراسنجه‌های تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر ماده خشک و پروتئین خام پسماند رستوران

Table 4. Degradability parameters and effective degradability of dry matter (DM) and crude protein (CP) of restaurant waste

	Degradability parameters			Effective degradability (%/h)		
	a	b	c	0.02	0.05	0.08
DM	5.2	47.5	0.25	49.2	44.8	41.2
CP	17.4	59.2	0.19	71.1	64.6	59.5

a = soluble fraction at time zero, b = insoluble fraction and c = rate of degradation.

جدول ۵- میزان گاز تولیدی پسماند رستوران انکوبه شده در بافر شکمبه‌ای به روش تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای گرم ماده خشک)

Table 5. *In vitro* gas production values of restaurant waste incubated in buffered rumen fluid (mL/g DM)

Experimental diets	Gas production (mL/g DM)									
	2	4	6	8	12	16	24	36	48	
T ₁	27.8	72.3	99.7	131.6	189.5	237.5	274.6	300.1	311.4	
T ₂	21.6	49.2	76.6	103.9	164.4	208.9	243.4	273.8	282.8	
T ₃	29.9	55.1	74.1	107.0	170.2	217.6	257.5	282.2	291.5	
T ₄	27.9	59.3	81.4	117.6	173.7	214.7	252.4	276.6	285.2	
Means	26.1	57.6	81.0	114.6	174.0	220.1	257.6	282.4	292.0	
SEM	2.5	6.9	7.3	8.2	8.8	8.6	8.4	8.4	8.6	

T₁: diet with no RW, T₂: 40% of dietary alfalfa replaced by RW, T₃: 50% of dietary alfalfa replaced by RW, T₄: 60% of dietary alfalfa replaced by RW

SEM= Standard Errors of Means

جدول ۶- ارزیابی انرژی قابل متابولیسم پسماند رستوران به روش تولید گاز

Table 6. Evaluation of metabolizable energy of restaurant waste by gas production technique

	IVGP	ME	OMD	SCFA	a+b	c
Restaurant waste	87.7	13.8	88.3	1.7	303	0.08

IVGP: *in vitro* gas production after 24 hours (mL/gr DM), ME: metabolizable energy (MJ/kg DM), OMD: organic matter digestibility(%), SCFA: short chain fatty acid (mmol), a+b: Maximum potential degradability, c: fractional rate of gas production(h⁻¹)

ماده خشک مواد خوراکی تحت تاثیر محتوای عصاره عاری از نیتروژن و محتوای سلولی است (Tothi et al., 2003).

میزان گاز تولیدی طی ساعات‌های مختلف انکوباسیون نشان می‌دهد که در تمام ساعات‌های انکوباسیون پسماند رستوران با مایع شکمبه و بافر، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت (جدول ۵).

میزان گاز تولیدی، انرژی قابل متابولیسم، ماده آلی قابل هضم، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر همراه با فراسنجه‌های تولید گاز پسماند رستوران مورد آزمایش در جدول ۶ نشان داده شده است.

میزان تولید گاز بین تیمارها طی ساعات‌های مختلف انکوباسیون تفاوت معنی‌داری نشان نداد. مقدار گاز تولید شده حاصل از تخمیر پسماند رستوران در ۲۴ ساعت بعد از انکوباسیون بین تیمارهای مختلف به ترتیب برابر ۲۷۴/۶،

نتایج تحقیق حاضر نشان داد نرخ تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام پسماند رستوران به ترتیب برابر ۴۹/۲، ۷۱/۱ درصد (در سطح نگهداری)، ۴۴/۸، ۶۴/۶ درصد (دو برابر نگهداری) و ۴۱/۲ و ۹۵/۵ درصد (بیش از دو برابر نگهداری) بود. همان‌طوری‌که مشخص است با افزایش نرخ عبور، تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک و پروتئین خام پسماند رستوران کاسته می‌شود که با تحقیقات Myer et al. (1999) مطابقت دارد. همچنین سطح مصرف خوراک در سطح نگهداری (۰/۲)، دو برابر نگهداری (۰/۵) و بیشتر از دو برابر نگهداری (۰/۸) بر سرعت خروج مواد از شکمبه موثر است. در روش کیسه‌های نایلونی ضرایب *a* و *b* و *c* به دست آمده همبستگی بالایی با ماده خشک مصرفی قابل هضم ($r=0/88$) و سرعت رشد حیوان ($r=0/96$) وجود دارد (Orskov et al., 1988). بخش سریع تجزیه

میزان گاز تولیدی بر قابلیت هضم ماده خشک موثر بوده که این امر بیانگر تخمیر شدن مواد خوراکی است. بالا بودن پروتئین محلول در مواد خوراکی، نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های شکمبه را تامین کرده و میزان گاز تولیدی را افزایش می‌دهد. همچنین بالا بودن کربوهیدرات سهل‌الهضم در پسماندهای رستوران و قرار گرفتن در معرض میکروارگانیسم‌ها منجر به افزایش تخمیر شده و در نتیجه میزان حجم گاز تولیدی بیشتر می‌شود. پروتئین بالا در مواد خوراکی منجر به تولید آمونیاک به شکل گاز شده که به نوبه خود با CO₂ محیط لوله آزمایش ترکیب و تولید بیکربنات آمونیوم محلول در آب می‌کند و بر روند تولید گاز در شیشه تاثیر می‌گذارد. جهت رفع این عیب تصحیحاتی توسط سایر محققین پیشنهاد شده است (Datt and Singh, 1995; Larbi *et al.*, 1998).

حجم گاز تولیدی برآوردی از قابلیت هضم ظاهری است (Blummel and Orskov, 1993). تخمیر سریعتر مواد خوراکی احتمالاً منجر به تولید نسبت بالای اسید پروپیونیک می‌شود و حجم گاز تولیدی به ازای هر واحد اسید چرب فرار تولیدی کمتر می‌شود (Mansuri *et al.*, 2003).

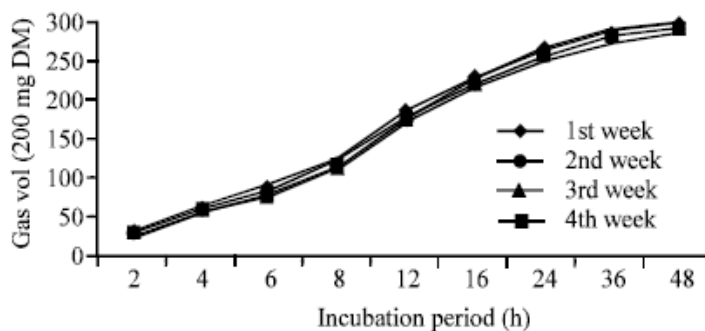
نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر در مورد ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم و تجزیه پذیری پسماند رستوران می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پسماندهای رستوران در جیره نشخوارکنندگان ضمن کاهش مصرف غلات، هزینه‌های تولیدی در واحدهای دامپروری را کاهش داده و باعث افزایش سودآوری خواهد شد.

۳۴۲/۴، ۲۸۲/۲ و ۲۷۶/۶ میلی لیتر در گرم ماده خشک بود، که با روند تولید گاز در زمان‌های مختلف حاصل از معادله Orskov and McDonald (1979) منطبق است و این هماهنگی حاکی از توانایی این معادله برای نمایش گاز تولیدی در پسماند رستوران است. ترکیب شیمیایی، خصوصیات فیزیکی ماده خوراکی، گونه دام دهنده مایع شکمبه، زمان جمع‌آوری و نوع جیره مصرفی توسط دام بر فعالیت میکروبی مایع شکمبه اثرگذار بوده که می‌تواند بر روند گاز تولیدی نیز موثر باشد (Menke *et al.*, 1987). پایین بودن میزان گاز تولیدی در ۱۲ ساعت اول انکوباسیون احتمالاً به دلیل دسترسی پائین مواد محلول و قابل تخمیر در پسماند رستوران است. با افزایش گاز تولیدی قابلیت هضم ماده خشک نیز بیشتر می‌شود که نشان دهنده ارتباط تولید گاز با مصرف خوراک، ماده خشک قابل هضم مصرفی و سرعت رشد حیوان است (Blummel and Orskov, 1993).

روند تولید گاز تیمارهای مورد آزمایش طی ساعت‌های مختلف انکوباسیون در شکل ۱ نشان داده شده است. منحنی تولید گاز به صورت زیگموئید (S، مانند) است (نمودار ۱) و دارای ۳ مرحله: ۱) اتصال میکروب‌ها بر روی ذرات غذایی و تشکیل کلنی ۲) هضم آنزیمی و ۳) کاهش سرعت تولید گاز و تبدیل منحنی به حالت ثابت است. تولید مقدار اندکی گاز در مراحل پایانی می‌تواند مربوط به مورد استفاده قرار گرفتن لاشه میکروارگانیسم‌های مرده باشد (Michalet-Doreau *et al.*, 1992).

تولید گاز در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد که بین تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. براساس تحقیقات منصوری و همکاران (۱۳۸۲) افزایش



شکل ۱- روند تولید گاز به روش آزمایشگاهی در مایع شکمبه محتوی پسماند رستوران

Fig1. Pattern of *in vitro* gas production of restaurant waste in buffered rumen fluid

فهرست منابع

- حسین خانی ع. ۱۳۷۷. بررسی قابلیت هضم بعضی از مواد خوراکی به روش‌های *in vitro* و *in vivo* و خصوصیات تجزیه‌پذیری به روش *in situ*. پایان نامه کارشناسی‌ارشد گروه علوم دامی دانشگاه تهران، صفحه ۷۳.
- صمدی ف.، و شمس شرق م. ۱۳۸۷. ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم تفاله زیتون به روش حیوان زنده. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵: ۲۰۵-۲۱۰.
- عبدی ع.، شجاع ج.، دانش مسگران م. و جانمحمدی ح. ۱۳۸۴. مصرف اختیاری گاو دانه و یونجه با روش‌های حیوان زنده و آزمایشگاهی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ویژه‌نامه علوم دامی، ۱۳: ۱۳-۲۳.
- منصوری ه.، نیکخواه ع.، رضائیان م.، مرادی م.، و میرهادی س. آ. ۱۳۸۲. تعیین میزان تجزیه‌پذیری علوفه با استفاده از فن تولید گاز و کیسه نایلونی. علوم کشاورزی ایران، ۳۴: ۴۹۵-۵۰۷.
- نیکخواه ع.، و ع. مهدوی. ۱۳۸۵. مقایسه روش کیسه‌های نایلونی و روش آزمون گاز در تعیین ارزش غذایی مواد خوراکی. علوم کشاورزی ایران، ۳۷: ۲۸۱-۲۹۲.
- Agriculture and Food Research Council. 1992. Nutrient requirement if ruminant animals. AFRC technical response to nutrient. Report No 9.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th ed. Washington, DC. USA.
- Blummel M. and Orskov E.R. 1993. Composition of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 40: 109–119.
- Boda K. 1990. Non conventional feedstuffs in the nutrition of farm animals. *Development in Animal and Veterinary Science*, 23: 252.
- Caton P.A., Carr M.A., Kim S.S. and Beautyman M.J. 2010. Energy recovery from waste food by combustion or gasification with the potential for regenerative dehydration: A case study. *Energy Conversion and Management*, 51: 1157-1169.
- Ceotto E. 2005. The issues of energy and carbon cycle: new perspectives for assessing the environmental impact of animal waste utilization. *Bioresource Technology*, 96: 191-6.
- Datt C. and Singh G.P. 1995. Effect of protein supplementation on *in vitro* digestibility and gas production of wheat straw. *Indian Journal Dairy Science*, 48: 357 – 361.
- Dhakad A., Garg A.K., Singh P. and Agrawal D.K. 2002. Effect of replacement of maize grain with wheat bran of the performance of growing lambs. *Small Ruminant Research*, 43: 227- 234.
- Fedorak P.M. and Hurdy D.E. 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environment Technology*, 4: 425-432.
- Getachew G., Crovetto G.M., Fondevila M., Krishna moorth U., Singh B., Spanghero M., Steingass H., Robinson P.H. and Kailas M.M. 2002. Laboratory variation of 24 h *in vitro* gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 102: 169-180.
- Huhtanen P., Jaakkola S. and Kukkonen U. 1995. Ruminant plant cell wall digestibility estimated from digestion and passage kinetics utilizing mathematical models. *Animal Feed Science and Technology*, 52: 159–173.
- Hvelplund, T. and Weisbjerg M.R. 2000. *In situ* techniques for the estimation of protein degradability and postrumen availability. Pages 233–258 in *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*.
- Kjos N.P., Overland M., Arnkværn E. and Sorheim O. 2000. Food waste products in diets for growing–finishing pigs: Effect on growth performance, carcass characteristics and meat quality. *Acta Agriculture Scandinavica, Section A- Animal Science*, 50: 193–204.
- Larbi A., Smith J.W., Adekunle I.O., Raji A.M. and Ladipo D.O. 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in humid tropics. *Animal feed Science and Technology*, 72: 81-96.
- Maczulak A.E., Dehority B.A. and Palmquist D.L. 1981. Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. *Apply Environment Microbiology*, 42: 856–862.
- Marquis K.L. 2007. The managers' guide to loss prevention. Ithaca, NY: Cornell University Food waste Management Distance Education Program. www.retaillosspreventionv.com
- Menke K.H. and Steingass H. 1987. Des energetischen futterwerts aus der *in vitro* mit pansensaft bestimmten gasbildung und der chemischen analyse. II. Regressionsgleichungen Bers, 15: 59-94.
- Michalet-Doreau B. and Ould Bah M.Y. 1992. *In vitro* and *in sacco* methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Animal feed Science and Technology*, 40: 57–86.

- Minkler F.C. 1914. Hog cholera and swine production. Circular No. 40. New Jersey Agricultural Experiment Station. Trenton, NJ.
- Mir P.S. and Mir Z. 1993. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal science*, 64: 1548-1558.
- Myer R.O., Brendemuh J.H. and Johnson D.D. 1999. Evaluation of dehydrate restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 3: 685-691.
- Orskov E.R. and McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the passage rate. *Journal Agricultural Science*. 92:499-503.
- Orskov E.R., Deb hovel F.D. and Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evolution of feed stuffs. *Journal Tropical Animal Production*, 5: 195-213.
- Orskov E.R., Reid G.W. and Kay M. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. *Animal Production*, 6: 29-34.
- Pilar S., Pinacho A., Ramos P. and Tejedor C. 2004. Microbiological characterization of food residues for animal feeding. *Waste Management*, 24: 919-926.
- Sadao K. 2005. Dehydrated Kitchen Waste as a Feedstuff for Laying Hens. *International Journal Poultry Science*, 4: 689-694.
- SAS. 2001. User's Guide: Statistics. Version 8.2. Cary, NC, USA.
- Tackett V.L., Bertrand J.A., Jenkins T.C., Pardue F.E. and Grimes L.W. 1996. Interaction of dietary fat and acid detergent fiber diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 79: 270-275.
- Tothi B.P., Lunda M., Weisbjerg R. and Hvelplund T. 2003. Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evacuation and in situ techniques. *Animal Feed Science and Technology*, 194: 71-94.
- 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 of Dairy Science*, 74: 3583-97.
- Walker P.M., Antas A.D. and Olson J.L. 2004. A dehydrated mixture containing food waste and wheat middlings serves as a protein and protein and energy substitute in beef cow diets. *Production Animal Science*, 20: 39-45.
- Walker P.M., Brown S.A., Dust J.M. and Finnigan D.M. 2002. Evaluation of feed mixtures amended with processed food waste as feedstuffs for finishing lambs. *Production Animal Science*, 237-246.
- Walker P.M., Hoelting F.B. and Wertz A.E. 1998. Fresh pulped food waste replaces supplemental protein and a portion of the dietary energy in total mixed rations for beef cows. *Production Animal Science*, 14:207-216.
- Westendorf M.L., Dong Z.C. and Schoknecht P.A. 1998. Recycled cafeteria food waste as a feed for swine: nutrient content, digestibility, growth, and meat quality. *Journal of Animal Science*, 76: 3250.
- Woods V.B., Moloney A.P., Mulligan F.J., Kenny M.J. and Omara F.P. 1999. The effect of animal species (cattle or sheep) and level of intake by cattle on in vivo digestibility of concentrate ingredients. *Animal Feed Science and Technology*, 80: 135-150.

Determination of the digestibility and degradation of restaurant waste using *in vivo*, nylon bags and gas production techniques

M. Moradi¹, A. Hosseinkhani^{2*}, S. Alijani² and H. Daghigh Kia²

¹MSc graduated, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

²Assistant professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, 5166614766, Iran

(Received: 16-2-2012- Accepted: 27-10-2012)

Abstract

This experiment was conducted to determine the chemical composition, digestibility and degradability of restaurant waste (RW) using *in vivo*, nylon bags and gas production techniques. Sixteen male *Ghezel* Arkhar-Merino* hybrid sheep (43 ± 0.5 kg average weight) were used in the *in vivo* digestibility method. Experimental diets were including 0, 40, 50 and 60 percent of RW along with alfalfa as basal diet. Two fistulated *Ghezele*Arkhar-Merino* hybrid sheep (40 ± 1.5 kg average weight) were used in the *in situ* method. Chemical composition of RW including dry matter (DM), ether extract (EE), crude protein (CP), crude fiber (CF), Neutral Detergent Fiber (NDF) and Acid Detergent Fiber (ADF) were 33.4, 14, 15, 1.8, 15.2 and 6.8 percent respectively. Average gas production and metabolisable energy content of RW calculated using *in vitro* gas production technique were 87.7 (ml/g DM) and 3.27 Mcal/kg DM respectively. Dry matter and crude protein degradability of restaurant waste were 49.2, 44.8 and 41.2 percent for DM and 71.1, 64.6 and 59.2 percent for CP respectively in the passage rates of 2, 5 and 8 percents per hour. These results indicated that the restaurant waste can be use in the ruminant rations.

Keywords: Restaurant waste, gas production, *in vivo*, nylon bag, hybrid Sheep

*Corresponding author: hoseinkhani2000@yahoo.com