



اثر سطوح مختلف تفاله هویج در جیره بر تولید گاز، گوارش پذیری مواد مغذی و تخمیر شکمبه در شرایط برون تنی

ایوب عزیزی^{۱*}، مظاهر هاشمی^۲، افروز شریفی^۳

۱- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲- دانشجوی دکتری تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۳- دانش آموزخته دکتری تغذیه دام، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۷)

چکیده

پژوهش حاضر به منظور تعیین ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای تفاله هویج و سپس تعیین تأثیر گنجاندن سطوح مختلف آن در جیره بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های تخمیر برون تنی انجام شد. ابتدا ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تخمیر برون تنی تفاله هویج با کاه گندم و یونجه مقایسه شد. سپس، اثرات جایگزینی بخش علوفه جیره با سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم تفاله هویج در کیلوگرم ماده خشک بر فراسنجه‌های تخمیر برون تنی بررسی شد. بیشترین حجم تولید گاز در زمان‌های اولیه انکوباسیون (۱۶ و ۲۴ ساعت) و نرخ تولید گاز (c) با انکوباسیون تفاله هویج و کمترین مقدار آن برای کاه گندم مشاهده شد ($P < 0/05$). به هر حال، بیشترین مقدار تولید گاز در سایر زمان‌های انکوباسیون و نیز بیشترین پتانسیل تولید گاز (b) مربوط به یونجه و کمترین آن مربوط به کاه گندم بود ($P < 0/05$). بیشترین مقدار گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و پروتئین میکروبی به وسیله تفاله هویج و کمترین مقدار آن با انکوباسیون کاه گندم مشاهده شد ($P < 0/05$). هر چند بین تفاله هویج و یونجه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با جایگزینی تفاله هویج به جای بخش علوفه‌ای جیره تا سطح ۲۰ درصد، به جز غلظت نیترژن آمونیاکی که به طور خطی کاهش و سنتز پروتئین میکروبی که به طور خطی افزایش یافت، سایر فراسنجه‌های تخمیر تحت تأثیر قرار نگرفت ($P > 0/05$). با توجه نتایج حاصل از این پژوهش، تفاله هویج دارای ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای مطلوبی بوده و استفاده از آن به عنوان یک ماده خوراکی جایگزین در تغذیه دام توصیه می‌شود. به هر حال، تأیید نتایج حاضر نیازمند انجام آزمایش‌های بیشتر و به ویژه در دام زنده است.

واژه‌های کلیدی: ارزش تغذیه‌ای، تخمیر برون تنی، تفاله هویج، تولید گاز، گوسفند

مقدمه

استفاده صحیح از پسماندهای کشاورزی برای متوازن نمودن قیمت جیره‌های غذایی ممکن است سبب بهبود تولیدات دامی شود (Fazaeli and Frough Ameri, 2006). استفاده از پسماندهای کشاورزی و باغی در تغذیه دام باعث وابستگی کمتر حیوانات به غلات می‌شود و همچنین نیاز به هزینه‌های اضافی برای برنامه‌های مدیریتی را حذف می‌کند. ضایعات میوه و سبزیجات می‌توانند به عنوان منابع خوراکی غیر متعارف در تغذیه حیوانات نقش مهمی را برای رفع کمبود خوراک دام ایفا نمایند (Wadhwa and Bakshi, 2013). در طول زنجیره فرآوری، بسته‌بندی، توزیع و مصرف میوه و سبزیجات مقدار ضایعات بسیار زیادی تولید می‌شود. برای مثال، در کشورهای هند، فیلیپین، چین و ایالات متحده آمریکا به ترتیب سالانه حدود ۱/۸۱، ۶/۵۳، ۳۲ و ۱۵ میلیون تن ضایعات سبزی و میوه تولید می‌شود (Wadhwa and Bakshi, 2013). آمار دقیقی از تولید این ضایعات در ایران در دست نیست و این ضایعات معمولاً به صورت زباله به محیط زیست دفع شده، که سبب ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود.

هویج (با نام علمی *Ducus carota*) از جمله سبزیجات ریشه‌ای و زارعی است که سهم آن در تولید سبزیجات جهانی بیش از ۳ درصد است و تقریباً در سراسر ایران تولید می‌شود. خوراک مذکور دارای مقادیر زیادی ترکیبات مفید از جمله کاروتنوئیدها، قندهای محلول و فیبرهای خوراکی در تغذیه انسان است. هویج بسیار خوش‌خوراک بوده و به آسانی به وسیله نشخوارکنندگان مصرف می‌شود و دارای انرژی قابل متابولیسم مطلوبی است (۳/۲۹ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) است (NRC, 1989). می‌توان هویج تازه را به مقدار ۲۰ تا ۲۵ درصد ماده خشک در جیره گاو شیری تغذیه نمود (Morel, 1990). همچنین، در مطالعه دیگری استفاده از هویج در جیره گوساله پرواری تا سطح ۴۰ درصد ماده خشک هیچ‌گونه اثر منفی را نشان نداده است (Rust and Buskirk, 2008). پس از آبیگری، مقادیر قابل توجهی از ترکیبات مفید هویج به همراه تفاله هدر می‌رود. حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد وزن هویج را تفاله آن تشکیل داده (Bao and Chang, 1994)، که به دلیل ارزش تغذیه‌ای قابل توجه (بر

اساس ماده خشک حاوی ۷/۲ درصد پروتئین خام، ۲۴ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ۲۰ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و ۴/۳ درصد ترکیبات فنولی و نیز کاروتنوئیدها و قندهای محلول از جمله ساکارز، فروکتوز و زایلوز است)، قابلیت استفاده در تغذیه دام را دارد (Schieber et al., 2001; Nawirska and Kwaśniewska, 2005). این پسماند همچنین منبع غنی از عناصر معدنی کم نیاز و پر نیاز است (Tanska et al., 2007; Wadhwa and Bakshi, 2013). به دلیل خاصیت تجزیه‌پذیری زیاد و پرکنندگی شکمبه‌ای کم، مصرف این پسماند در حیوانات منجر به مصرف بالای ماده خشک می‌شود (Wadhwa and Bakshi, 2013). اطلاعات اندکی درباره استفاده از تفاله هویج در تغذیه نشخوارکنندگان وجود دارد، اما در مطالعه‌ای روی خرگوش، مشخص شده که تغذیه تفاله هویج تا سطح ۵۰ درصد ماده خشک جیره هیچ‌گونه اثر منفی بر رشد، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی نداشته است (El-Medany et al., 2008).

تاکنون مطالعات اندکی درباره اثر تغذیه تفاله هویج در نشخوارکنندگان و به ویژه اثر آن بر فراسنجه‌های تولید گاز، گوارش‌پذیری مواد مغذی و تخمیر در شکمبه صورت گرفته است. لذا در پژوهش حاضر ابتدا ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تولید گاز و تخمیر تفاله هویج تعیین شد. سپس اثر گنجاندن سطوح مختلف این پسماند در جیره بر فراسنجه‌های تولید گاز و تخمیر و گوارش‌پذیری شکمبه‌ای مواد مغذی در شرایط برون‌تنی تعیین شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در مزرعه دامپروری و آزمایشگاه تغذیه دام تکمیلی دانشگاه لرستان صورت گرفت. در این مطالعه ابتدا ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای تفاله هویج با دو ماده خوراکی دیگر یعنی کاه گندم و یونجه مقایسه شد. سپس، بر اساس نتایج حاصله، سطوح مختلف تفاله هویج جایگزین بخش علوفه‌ای جیره (شامل کاه گندم و یونجه) شد. بدین منظور، نمونه‌های تفاله هویج همراه با کاه گندم و یونجه در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. ارقام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف تفاله هویج در جدول ۱ ارائه

تکرار در هر تیمار) به وسیله دستگاه فشارسنج در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون اندازه‌گیری شد. برای تعیین پارامترهای تولید گاز از فرمول زیر استفاده شد (Blümmel *et al.*, 1997a):

$$P = b(1 - e^{-ct})$$

که در آن، b گاز تولیدی از بخش تخمیرپذیر (میلی‌لیتر)، c نرخ تولید گاز در ساعت، t زمان انکوباسیون بر حسب ساعت و P حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان مورد نظر است. به منظور تعیین فراسنجه‌های تخمیر (۵ تکرار در هر تیمار) شامل گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم نمونه‌های آزمایشی و فراسنجه‌های تخمیر شامل pH، نیترژن آمونیاکی، سنتز پروتئین میکروبی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر طراحی شد. پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون (Vercoe, 2010)، ابتدا حجم گاز تولیدی هر ویال ثبت شد. سپس درب ویال‌ها باز شده و pH آن‌ها به وسیله دستگاه pH متر (مدل 744؛ شرکت Metrohm سوئیس) ثبت شد. محتوای هر ویال با 2000g به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. بقایای هر ویال جمع‌آوری و خشک شد. مقدار گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک (IVDMD) از اختلاف وزن سوسترای اولیه و وزن بقایا پس از انکوباسیون و به صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{IVDMD (\%)} = \left(\frac{\text{وزن بقایا پس از انکوباسیون} - \text{وزن سوسترای اولیه}}{\text{وزن سوسترای اولیه}} \right) \times 100$$

مقدار گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم (ME) خوراکی‌های آزمایشی به ترتیب بر اساس معادلات زیر تخمین زده شد (Menke and Steingass, 1988):

$$\text{IVOMD (g/kg OM)} = 148.8 + 8.89 \text{ GAS} + 4.50 \text{ CP} + 6.51 \text{ XA}$$

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 2.20 + 0.136 \text{ GAS} + 0.057 \text{ CP} + 0.0029 \text{ CP}^2$$

که در این معادلات، IVDMD مقدار گوارش‌پذیری ماده آلی، GAS مقدار گاز خالص تولیدی برای ۲۰۰ میلی‌گرم سوسترای پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون (۱۲)، CP مقدار پروتئین خام به صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک،

شده است. همچنین، ترکیب شیمیایی تفاله هویج، کاه گندم و یونجه در جدول ۲ ارائه شده است.

از دو رأس گوسفند فیستولاگذاری شده به عنوان دهنده مایع شکمبه برای انجام آزمون تولید گاز استفاده شد. محتویات شکمبه از دام‌های مذکور که حداقل به مدت دو هفته با جیره غذایی حاوی ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره تغذیه شده بودند، قبل از خوراک‌دهی وعده صبح به وسیله پمپ خلاء جمع‌آوری شد. جیره آزمایشی گوسفندان حاوی ۴۰ درصد کاه گندم، ۱۰ درصد سیلاژ ذرت، ۱۰ درصد یونجه خشک، ۲۷ درصد بلغور ذرت، ۱۱ درصد سبوس گندم، ۰/۹ درصد اوره، ۰/۵۵ درصد کربنات کلسیم، ۰/۲۵ درصد مواد معدنی و ویتامینه و ۰/۲۵ درصد نمک بر حسب ماده خشک بود که بر اساس جداول احتیاجات تغذیه‌ای نشخوارکنندگان کوچک (NRC, 2007) تهیه شد. مقدار پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم جیره آزمایشی مذکور به ترتیب ۱۲ درصد ماده خشک و ۲ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود. مایع شکمبه در یک فلاسک عایق که از قبل به وسیله گاز دی‌اکسید کربن بی‌هوازی شده بود، در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد سریعاً (در کمتر از ۲۰ دقیقه) به آزمایشگاه منتقل شد. قبل از تزریق به داخل ویال‌های آزمایشی، محتویات شکمبه به وسیله چهار لایه پارچه پنبه صاف شد. دو مرحله آزمون تولید گاز و هر کدام در سه دوره (Run) مجزا انجام شد.

در مرحله اول، ارزش تغذیه‌ای تفاله هویج با کاه گندم و یونجه (سه تیمار آزمایشی، ۱۰ تکرار در هر تیمار) مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه جیره کاملاً خشک آسیاب شده با اندازه ذرات یک میلی‌متر برای تعیین فراسنجه‌های آزمون تولید گاز به داخل هر ویال قرار داده شد. سپس، هر ویال که از قبل دمای آن با قرار دادن در بن‌ماری به ۳۹ درجه سانتی‌گراد رسیده بود، با ۵ میلی‌لیتر مایع شکمبه صاف شده و ۲۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی تلقیح شد (Marten and Barnes, 1980). سه ویال نیز به عنوان بلانک (حاوی فقط مایع شکمبه و بزاق مصنوعی) در نظر گرفته شد. سپس درب ویال‌ها بسته شد و در بن‌ماری با دمای حدود ۳۹ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. حجم گاز تولیدی در ویال‌ها (۵

جیره غذایی بره پرواری شده بود، مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله نیز مانند مرحله اول، مایع شکمبه برای انکوباسیون جیره‌های آزمایشی مذکور از گوسفندان فیسولاگذاری شده که با یک جیره پایه تغذیه می‌شدند، گرفته شد.

آزمون تولید گاز در این مرحله مشابه با مرحله اول بود با این تفاوت که به دلیل کنسانتره‌ای بودن جیره‌های غذایی (Vercoe, 2010)، فراسنجه‌های تخمیر در زمان ۱۶ ساعت پس از آغاز انکوباسیون تعیین شدند. مقدار ماده خشک، خاکستر خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بر اساس روش‌های AOAC تعیین شد (AOAC, 1990).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش استاندارد و محلول شوینده خنثی محاسبه شد (Van Soest et al., 1991). مقدار کربوهیدرات‌های غیر فیبری خوراک‌ها و جیره‌های آزمایشی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (McDonald et al., 2011):

$$\text{NFC (\%)} = 100 - [\text{NDF (\%)} + \text{CP (\%)} + \text{EE (\%)} + \text{Ash (\%)}]$$

XA خاکستر خام به صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک و ME انرژی قابل متابولیسم است. تولید پروتئین میکروبی طبق معادله زیر محاسبه شد (Blümmel et al., 1997b):

$$\text{MP (mg/kg DM)} = \text{ADS (mg)} - [\text{GP (ml)} \times 2.2]$$

که در آن، MP پروتئین میکروبی (میلی‌گرم در گرم ماده خشک)، ADS سوبسترای تجزیه شده ظاهری (میلی‌گرم)، GP میزان گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون و ۲/۲ عامل استوکیومتری بر حسب میلی‌گرم کربن، هیدروژن و اکسیژن مورد نیاز برای سنتز اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Getachew et al., 2002):

$$\text{SCFA (mmol/g DM)} = 0.0222 \times \text{GP (ml)} - 0.0042$$

که در آن، SCFA اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر (میلی‌مول در گرم ماده خشک) و GP حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون است.

در سری دوم آزمون تولید گاز، اثر سطوح صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم تفاله هویج در کیلوگرم ماده خشک که جایگزین بخش علوفه‌ای (کاه گندم و یونجه)

جدول ۱- ارقام خوراکی، ترکیب شیمیایی و انرژی قابل متابولیسم (گرم در کیلوگرم ماده خشک یا واحد ذکر

شده) جیره‌های آزمایشی بره پرواری حاوی سطوح مختلف تفاله هویج جهت انکوباسیون آزمایشگاهی

Table 1. Feed ingredients, chemical composition and metabolizable energy (g/kg or as stated) of fattening lambs diet containing different levels of carrot pulp (CP) for *in vitro* incubation

Feed ingredients	Level of CP in the diet (g/kg DM)				
	Control	50	100	150	200
Alfalfa	150	130	110	90	50
Wheat straw	100	70	40	10	0
CP	0	50	100	150	200
Corn grain	140	140	140	140	136
Barley, ground	350	350	350	350	350
Soybean meal	80	80	80	80	80
Wheat bran	150	150	150	150	150
Vitamin-mineral supplement	10	10	10	10	10
Salt	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Sodium bicarbonate	10	10	10	10	10
Dicalcium phosphate	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Chemical composition					
Dry matter	921	878	836	793	751
Organic matter	920	921	922	923	925
Crude protein	135	135	135	135	135
Neutral detergent fibre (NDF)	337	320	303	285	273
Acid detergent fibre (ADF)	162	152	141	131	123
Non fibre carbohydrates (NFC)	418	436	456	471	483
Ether extract	23.1	23.4	23.6	23.9	24.3
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.54	2.56	2.57	2.58	2.58

بیشتر بدست آمد (جدول ۲). محتوای پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم تفاله هویج از کاه گندم بیشتر، ولی کمتر از یونجه بود ($P < 0.05$). الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین تفاله هویج از سایر خوراکی‌های آزمایشی کمتر بود ($P < 0.05$), هر چند مقدار کربوهیدرات‌های غیر فیبری و چربی خام آن بیشتر از سایر خوراکی‌های آزمایشی بود ($P < 0.05$). جدول ۳ نتایج مربوط به آزمون تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیر برون تنی تفاله هویج، در مقایسه با یونجه و کاه گندم را نشان می‌دهد. بیشترین حجم تولید گاز در زمان‌های ۱۶ و ۲۴ (زمان‌های اولیه انکوباسیون) و نرخ تولید گاز (c) با انکوباسیون تفاله هویج، و کمترین مقدار آن‌ها برای کاه گندم مشاهده گردید ($P < 0.05$). به هر حال، بیشترین مقادیر تولید گاز در زمان‌های ۴۸، ۷۲، ۹۶ ساعت (کل گاز تولیدی) و پتانسیل تولید گاز (b) مربوط به یونجه، و کمترین مقدار آن‌ها مربوط به کاه گندم بود ($P < 0.05$). بیشترین مقدار گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی در تیمار تفاله هویج و یونجه، و کمترین مقدار آن در تیمار کاه گندم مشاهده شد ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین مقدار انرژی قابل متابولیسم و غلظت آمونیاک شکمبه به ترتیب با انکوباسیون یونجه و کاه گندم بدست آمد ($P < 0.05$). مقدار pH تحت تأثیر نوع ماده خوراکی قرار نگرفت ($P > 0.05$). بیشترین مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و پروتئین میکروبی با انکوباسیون تفاله هویج و کمترین مقدار آن در کاه گندم مشاهده شد ($P < 0.05$).

که در آن، NFC درصد کربوهیدرات غیر فیبری، NDF درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی، CP درصد پروتئین خام، EE درصد چربی خام و Ash درصد خاکستر خام است. مقدار نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بر اساس روش فنل-هیپوکلازیت اندازه‌گیری شد (Broderick and Kang, 1980). برای این منظور، نمونه‌های سوپرناتانت (۵ میلی‌لیتر) سریعاً با یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط شده و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان تجزیه نگهداری شدند. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تولید گاز، تخمیر و گوارش‌پذیری نمونه‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی و به وسیله نرم‌افزار آماری SAS (2005) با استفاده از مدل آماری زیر انجام شد:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

در این مدل، Y_{ij} ، μ ، T_i ، و e_{ij} به ترتیب رکورد مشاهده شده، میانگین کل، اثر تیمار آزمایشی نام و اثر خطای آزمایشی بود. در بخش اول تحقیق یعنی مقایسه تفاله هویج با سایر اقلام خوراکی، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. در بخش دوم مطالعه یعنی جایگزینی تفاله هویج در جیره غذایی، اثرات خطی و غیر خطی استفاده از تفاله هویج با استفاده از مقایسات اورتوگونال تعیین شد.

نتایج و بحث

محتوای ماده آلی هر سه خوراک آزمایشی تقریباً مشابه بود، هر چند از لحاظ عددی مقدار آن در تفاله هویج

جدول ۲- ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی مورد استفاده در آزمایش (گرم در کیلوگرم ماده خشک یا واحد ذکر شده)

Table 2. Chemical composition of feed ingredients used (g/kg DM or as stated)

	Carrot pulp	Alfalfa	Wheat straw	SEM	P value
Dry matter (g/kg fresh weight)	95.1 ^b	936 ^a	946 ^a	8.34	<0.01
Organic matter	925	902	904	8.58	0.19
Crude protein	71.1 ^b	146 ^a	32.2 ^c	4.39	<0.01
Neutral detergent fibre	243 ^c	408 ^b	717 ^a	7.58	<0.01
Acid detergent fibre	203 ^c	334 ^b	463 ^a	10.5	<0.01
Ether extract	15.1 ^a	11.7 ^b	7.35 ^c	0.385	<0.01
Non fibre carbohydrates	595 ^a	334 ^b	142 ^c	7.60	<0.01
Lignin	35.6 ^b	78.6 ^a	86.5 ^a	2.28	<0.01
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	1.85 ^a	1.98 ^a	1.44 ^b	0.047	<0.01

Each value is average of four replicates.

Different superscript letters within each row indicates significant differences ($P < 0.05$).

درصد پروتئین خام، ۲ درصد چربی خام، ۶۴/۳ درصد کل قندهای محلول و ۴/۳ درصد کل ترکیبات فنولی) به عنوان خوراک برای نشخوارکنندگان نشان داده شده است (Wadhwa and Bakshi, 2013). حجم گاز تولیدی بیشتر در تفاله هویج نسبت به یونجه در زمان‌های اولیه انکوباسیون (۱۶ و ۲۴ ساعت) احتمالاً به دلیل وجود ترکیبات با هضم آسان مانند قندهای محلول (جدول ۲) بیشتر در ساختار آن بوده که به سرعت مورد هضم و تخمیر قرار گرفته است (Wadhwa and Bakshi, 2013). همچنین، افزایش گوارش پذیری ماده خشک در زمان‌های اولیه انکوباسیون در تفاله هویج مطابق با داده‌های گاز تولیدی آن است زیرا نشان داده شده است که گاز زمانی تولید می‌شود که سوبستراهای کربوهیدراته تخمیر شده و استات و بوتیرات تولید نمایند (Getachew *et al.*, 1998). هر چند در دیگر زمان‌های انکوباسیون، یونجه با افزایش تولید گاز در نهایت حجم کل گاز تولیدی بیشتری نسبت به تفاله هویج ایجاد می‌کند. تولید اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر در خوراکی‌های آزمایشی مطابق با گوارش پذیری ماده خشک و ماده آلی آنها بوده (Anele *et al.*, 2016) و در تفاله هویج و یونجه بیش از کاه گندم مشاهده شد. مطابق با نتایج مطالعه حاضر، در پژوهشی گوارش‌پذیری ماده خشک تفاله هویج ۹۷ درصد بدست آمد و به دلیل خاصیت پرکنندگی شکمبه‌ای کم، منجر به افزایش ماده خشک مصرفی در گاو شیری شده است (Nawirska and Kwaśniewska, 2005).

در جدول ۴ نتایج مربوط به اثر جایگزینی سطوح مختلف تفاله هویج بجای بخش علوفه‌ای جیره (کاه گندم و یونجه) بره پرواری بر فراسنجه‌های تخمیر و گوارش‌پذیری مواد مغذی را نشان می‌دهد. استفاده از تفاله هویج در جیره تا سطح ۲۰ درصد ماده خشک تأثیری بر تولید گاز در زمان‌های انکوباسیون ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ (کل گاز تولیدی) ساعت و پتانسیل و نرخ تولید گاز نداشت ($P>0.05$). همچنین، گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، pH، اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر و ضریب تفکیک تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P>0.05$). هر چند با افزایش سطح تفاله هویج در جیره، غلظت نیتروژن آمونیاکی به طور خطی کاهش یافت، اما تولید پروتئین میکروبی به طور خطی افزایش نشان داد ($P<0.05$). تکنیک تولید گاز آزمایشگاهی نشان‌دهنده تفاوت‌های بین ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی مختلف بوده و بر این اساس ارزش تغذیه‌ای آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند. در مطالعه حاضر تأثیر مثبت استفاده از تفاله هویج به عنوان یک ماده خوراکی در تغذیه نشخوارکنندگان نشان داده شد، زیرا فراسنجه‌های مورد بررسی در تفاله هویج به طور قابل توجهی بیشتر از کاه گندم بود و نیز قابل مقایسه با یونجه بود. علت این امر احتمالاً به ترکیب شیمیایی مطلوب این تفاله (پروتئین خام، فیبر و انرژی قابل متابولیسم مطلوب و محتوای لیگنین کم) مربوط بود. در مطالعات دیگر نیز ارزش تغذیه مطلوب تفاله هویج (۷ تا ۸

جدول ۳- تولید گاز و فراسنجه‌های تخمیر خوراکی‌های آزمایشی

Table 3. Gas production (GP) and fermentation parameter of experiential feeds

	Carrot pulp	Alfalfa	Wheat straw	SEM	P value
GP after 16 h (ml)	24.2 ^a	20.1 ^b	12.5 ^c	1.03	<0.01
GP after 24 h (ml)	37.3 ^a	36.3 ^a	24.4 ^b	1.69	<0.01
GP after 48 h (ml)	45.8 ^a	49.5 ^a	34.3 ^b	2.60	0.01
GP after 72 h (ml)	47.7 ^b	60.5 ^a	39.8 ^b	2.48	<0.01
Total GP (ml)	50.2 ^b	64.8 ^a	42.2 ^b	2.68	<0.01
b	59.5 ^b	75.5 ^a	51.2 ^c	2.13	<0.01
c	0.075 ^a	0.062 ^b	0.057 ^b	0.004	0.01
IVDMD (%)	69.9 ^a	65.8 ^a	38.4 ^b	1.59	<0.01
IVOMD (%)	65.9 ^a	62.7 ^a	36.7 ^b	1.24	<0.01
ME (Mcal/kg DM)	1.73 ^b	1.92 ^a	1.34 ^c	0.033	<0.01
pH	6.46	6.23	6.34	0.060	0.01
Ammonia-N (mg/dl)	15.3 ^b	18.4 ^a	11.2 ^c	0.63	<0.01
SCFA (mmol/g DM)	4.34 ^a	4.12 ^a	2.65 ^b	0.08	<0.01
MPS (mg/g DM)	592 ^a	586 ^b	335 ^b	13.3	<0.01

b: potential of GP from soluble fraction (ml); c: rate of gas production (/h); IVDMD: *in vitro* dry matter disappearance; IVOMD: *in vitro* organic matter disappearance; ME: metabolizable energy; SCFA: short chain fatty acids; MPS: microbial protein synthesis; SEM: standard error of the means; means within same column with different letters differ significantly ($P<0.05$).

افزایش خطی گوارش پذیری ماده خشک جیره با افزایش سطح تفاله هویج احتمالاً به دلیل کاهش محتوای فیبر جیره‌ها (جدول ۲) بوده است زیرا ارتباط معکوس بین محتوای فیبر جیره با گوارش پذیری آن نشان داده شده است (Azizi-Shotorkhoft *et al.*, 2012). همچنین، وجود ترکیبات محلول بیشتر در تفاله هویج در مقایسه با کاه گندم و یونجه (جدول ۲) ممکن است دلیل دیگر افزایش گوارش پذیری جیره‌های حاوی تفاله باشد، زیرا در مطالعه‌ای نشان داده شده است که حدود ۳۷ درصد ماده خشک تفاله هویج شامل بخش به سرعت قابل تجزیه در شکمبه و حدود ۴۶ درصد آن نیز دارای پتانسیل تجزیه پذیری در شکمبه است (Nawirska and Kwaśniewska, 2005). غلظت آمونیاک جیره‌های آزمایشی از ۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر که برای حداقل رشد میکروبی شکمبه نیاز است، بیشتر بود. کاهش خطی غلظت آمونیاک شکمبه با افزایش سطح تفاله هویج در جیره احتمالاً به دلیل همزمانی مطلوب بین قندهای محلول تفاله با منابع نیتروژن قابل تجزیه شکمبه‌ای جیره است (Chamberlain *et al.*, 1993). نتایج افزایش خطی سنتر پروتئین میکروبی با افزایش مقدار تفاله هویج در جیره (جدول ۴) نیز تأییدکننده نتایج مذکور است.

مقدار مطلوب غلظت آمونیاک شکمبه برای حداکثر رشد میکروبی باید بیش از ۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر باشد (Satter and Slyter, 1974) که موافق با نتایج غلظت آمونیاک در مطالعه حاضر است. افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی با انکوباسیون یونجه نسبت به تفاله هویج و کاه گندم احتمالاً به دلیل محتوای پروتئین خام بیشتر آن است (جدول ۱)، که بیش از دو برابر محتوای پروتئین خام تفاله هویج بوده است. با جایگزینی سطوح مختلف تفاله هویج در جیره، فراسنجه‌های مورد بررسی (بجز گوارش پذیری ماده خشک، نیتروژن آمونیاکی و تولید پروتئین میکروبی) تحت تأثیر قرار نگرفت (جدول ۴) که این امر نشان‌دهنده کاربرد مطلوب ضایعات مذکور در تغذیه نشخوارکنندگان است. درباره اثر تفاله هویج بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای و تخمیر اطلاعات اندکی وجود دارد، اما در برخی مطالعات اثرات پسماند مذکور بر دام مورد بررسی قرار گرفته است. برای مثال، استفاده از تفاله هویج تا سطح ۵۰ درصد ماده خشک جیره غذایی خرگوش تأثیری بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خون نداشته است (El-Medany *et al.*, 2008).

جدول ۴- فراسنجه‌های تخمیر جیره‌های آزمایشی بره پروراری حاوی سطوح مختلف تفاله هویج با استفاده از آزمون تولید گاز
Table 4. Fermentation parameters of fattening lamb diets containing different levels of carrot pulp (CP) using gas production (GP) technique

	Level of CP in the diet (g/kg DM)					SEM	Contrast	
	Control	50	100	150	200		Linear	Quadratic
GP at 16 h (ml)	41.5	42.5	39.9	44.3	47.1	2.62	0.15	0.31
GP at 24 h (ml)	53.9	50.9	47.4	51.9	54.5	2.65	0.79	0.11
GP at 48 h (ml)	63.9	57.9	54.1	55.3	60.1	2.61	0.53	0.08
GP at 72 h (ml)	68.2	60.1	56.3	60.9	62.3	3.05	0.28	0.14
Total GP (ml)	71.7	62.6	63.1	62.0	62.6	3.26	0.10	0.11
b	73.4	65.8	64.2	64.1	65.9	3.09	0.16	0.11
c	0.068	0.077	0.073	0.075	0.068	0.005	0.12	0.15
IVDMD (%)	63.3	65.1	65.4	67.8	68.9	1.23	0.04	0.41
IVOMD (%)	63.1	63.8	61.4	65.3	67.7	2.33	0.18	0.31
ME (MJ/kg DM)	8.61	8.75	8.39	8.81	8.95	0.327	0.54	0.57
pH	6.14	5.98	5.95	5.96	5.88	0.096	0.13	0.59
Ammonia-N (mg/dl)	18.7	16.9	17.3	16.8	15.1	1.01	0.03	0.88
SCFA (mmol/g DM)	4.61	4.72	4.43	4.77	4.87	0.267	0.53	0.55
MPS (mg/g DM)	561	563	567	591	613	10.7	0.04	0.18
PF	3.82	3.76	3.87	3.70	3.61	0.098	0.16	0.35

b: potential of GP from soluble fraction (ml); c: rate of gas production (/h); IVDMD: *in vitro* dry matter disappearance; IVOMD: *in vitro* organic matter disappearance; ME: metabolizable energy; SCFA: short chain fatty acids; MPS: microbial protein synthesis; SEM: standard error of the means; means within same column with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

نتیجه گیری کلی

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تفاله هویج از نظر ارزش تغذیه‌ای قابل مقایسه با یونجه بوده و به مراتب ارزش غذایی بیشتری نسبت به گاه گندم دارد. همچنین، جایگزینی سطوح مختلف تفاله هویج بجای بخش علوفه‌ای جیره غذایی بره پرواری در شرایط برون تنی سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی و افزایش تولید پروتئین میکروبی شد. لذا استفاده از پسماند مذکور در تغذیه نشخوارکنندگان توصیه شده و سبب کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز می‌شود. هر چند، بررسی استفاده از تفاله هویج در شرایط دام زنده جهت تأیید یافته‌های حاضر ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دانشگاه لرستان، به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم و آزمایشگاه جهت انجام پژوهش حاضر تشکر و قدردانی می‌نمایند.

همزمانی بین انرژی سهل‌الهضم و پروتئین قابل تجزیه در شکمبه به دلیل تأمین همزمان مواد مغذی، با افزایش رشد میکروبی سبب افزایش مصرف آمونیاک جهت ساخت پروتئین میکروبی در شکمبه می‌شود که در مطالعه حاضر نیز با تغذیه تفاله هویج اتفاق افتاده است. ضریب تفکیک (PF) نشان‌دهنده مقدار ماده آلی واقعاً تجزیه شده به گاز تولیدی است (Makkar, 2010). دامنه مطلوب ضریب تفکیک در مطالعات مختلف بین ۳-۴/۵ گزارش شده است (Makkar, 2010) که مطابق با نتایج این تحقیق است. ضریب تفکیک منعکس‌کننده تنوعی از تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر به ازای هر واحد سوبسترای تجزیه شده است (Blümmel *et al.*, 1997b). علت عدم معنی‌داری فاکتور مذکور در جیره‌های آزمایشی احتمالاً به دلیل عدم تغییر گوارش‌پذیری ماده آلی و گاز تولیدی با انکوباسیون جیره‌های آزمایشی بوده است.

فهرست منابع

- Anele U. Y., Yang W. Z., McGinn P. J., Tibbetts S. M. and McAllister T. A. 2016. Ruminant *in vitro* gas production, dry matter digestibility, methane abatement potential, and fatty acid biohydrogenation of six species of microalgae. Canadian Journal of Animal Science, 96: 354-363.
- Association of Official Analytical Methods. 1990. Official methods of analysis, K. Helrich, 15th ed., AOAC, Arlington, VA.
- Azizi-Shotorkhoft A., Rouzbehan Y. and Fazaeli H. 2012. The influence of the different carbohydrate sources on utilization efficiency of processed broiler litter in sheep. Livestock Science, 148: 249-254.
- Bakhshi M. P. S. and Wadhwa M. 2013. Nutritional evaluation of cannery and fruit wastes as livestock feed. Indian Journal of Animal Sciences, 83: 1198-1202.
- Bao B. and Chang K. C. 1994. Carrot pulp chemical composition, colour and water-holding capacity as affected by blanching. Journal of Food Science, 59: 1159-1161.
- Blümmel M., Steingss H. and Becker K. 1997a. The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and ¹⁵N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. British Journal of Nutrition, 77: 911-921.
- Blümmel M., Makkar H. P. S. and Becker K. 1997b. *In vitro* gas production: A technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77: 24-34.
- Broderick G. and Kang J. H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Dairy Science, 63: 64-75.
- Chamberlain D. G., Robertson S. and Choung J. J. 1993. Sugars versus starch as supplements to grass silage: effects on ruminal fermentation and the supply of microbial protein to the small intestine, estimated from the urinary excretion of purine derivatives in sheep. Journal of the Science of Food and Agriculture, 63: 189-194.
- El-Medany N. M., Hashem N. A. and Abdel-Azeem F. 2008. Effect of incorporating dried carrot processing waste in growing rabbit diets. Egyptian Journal of Rabbit Science, 11: 25-37.
- Fazaeli H. and Frough Ameri N. 2006. Utilization of pistachio by product in the diet of finishing calves. Proceeding of the EAAP annual meeting, Antalya, Turkey. C33: 51 pp.
- Getachew G., Blümmel M., Makkar H. P. S. and Becker K. 1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. Animal Feed Science and Technology, 72: 261-281.

- Getachew G., Makkar H. P. S. and Becker K. 2002. Tropical browses: contents of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and *in vitro* gas production. *Journal of Agricultural Science*, 139: 341-352.
- Makkar H. P. S. 2010. *In vitro* screening of feed resources for efficiency of microbial protein synthesis. In: Vercoe P. E., Makkar H. P. S., Schlink, A. C. (Eds.), *In vitro* Screening of Plant Resources for Extra-nutritional Attributes in Ruminants: Nuclear and Related Methodologies. IAEA, Dordrecht, the Netherlands, pp: 107-144.
- Marten G. C. and Barnes R. F. 1980. Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation and fungal enzymes systems. In: Pidgeon W. J., Balch C. C. and Graham M. (Eds.), *Standardization of analytical methodology for feeds.* (pp 61-71.) International Development Research Center, Ottawa.
- McDonald P., Edwards R. A., Greenhalgh J. F. D., Morgan C. A., Sinclair L. A. and Willkenson R. G. 2011. *Animal Nutrition*, 7th ed., Longman publisher, UK. 693 pp.
- Menke K. H. and Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 7-55.
- Morel d'Arleux F. 1990. Les Sous-Produits en Alimentation Animale. Réseau national Experimentation Demonstration (RNED), ITEB.
- Moure A., Cruz M. J., Franco D., Dominguez J. M., Sineiro J., Dominguez H., Nunez M. J. and Carlos Parajo J. C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72: 145-171.
- National Research Council. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* 6th revised edn. National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., U.S.A.
- National Research Council (NRC). 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids.* Washington (DC, USA): National Academy of Sciences.
- Nawirska A. and Kwaśniewska M. 2005. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry*, 91: 221-225.
- Nocolle C., Cardinault N., Aprikian O., Busserolles J., Grolier P., Rock E., Demigne C., Mazur A., Scalbert A., Amouroux P. and Remesy C. 2003. Effect of carrot intake on cholesterol metabolism and antioxidant status in cholesterol fed rats. *European Journal of Nutrition*, 42: 254-261.
- Rust S. and Buskirk D. 2008. Feeding carrots or sugar beets to cattle. *Cattle Call*, 13: 4.
- SAS. 2005. *User's Guide: Statistics, Version 9.0 Edition.* SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Satter L. D. and Slyter L. L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal of Nutrition*, 32: 199-208.
- Schieber A., Stintzing F. C. and Carle R. 2001. By-products from plant food processing as a source of functional components-recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 12: 401-405.
- Tanska M., Zedernowski R. and Konopka I. 2007. The quality of wheat bread supplemented with dried carrot pomace. *Polish Journal of Natural Science*, 22: 126-136.
- 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: 3583-3597.
- Vercoe P. E., Makkar H. P. S. and Schlink A. C. 2010. *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies. Springer Verlag GmbH.
- Wahdwa M. and Bakshi M. P. S. 2013. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. FAO, RAP Publication.



Effect of different dietary levels of carrot pulp on *in vitro* gas production, nutrients digestibility and rumen fermentation

A. Azizi^{1*}, M. Hashemi², A. Sharifi³

1. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2. Ph.D Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

3. Former Ph.D Student of Animal Nutrition, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural Resources University, Molasani, Ahvaz, Iran

(Received: 07-07-2018 – Accepted: 08-09-2018)

Abstract

The aim of the present study was the determination of chemical composition and nutritive value of carrot pulp (CAP), and then evaluating the effects of its different dietary levels on diet digestibility and *in vitro* rumen fermentation. At first, chemical composition and nutritive value of CAP were compared with wheat straw (WS) and alfalfa. Then, the effect of substituting different levels of CAP (0, 50, 100, 150 and 200 g/kg dry matter [DM]) for forage portion of the diet on *in vitro* fermentation parameters was assessed. The highest and lowest volume of gas production after 16 and 24 h of incubation as well as constant rate of gas production (c) were observed with incubation of CAP and WS, respectively. However, the highest volume of gas production and potential of gas production (b) were observed for alfalfa, while the lowest amount was observed with WS treatment. The highest amounts of DM and organic matter disappearance, short chain fatty acids and microbial crude protein (MCP) were observed with CAP incubation, while WS resulted in the lowest amounts. With replacing forage portion of the diet with CAP, up to 200 g/kg DM, with exception of ammonia-N concentration and MCP which decreased and increased linearly, other fermentation parameters did not affect with experimental diets. Present results indicated that CAP has favourable chemical composition and nutritive value, and its incorporation as feedstuff in ruminant nutrition, up to 20% of diet, is suggested. However, more experiments, especially *in vivo* studies, are needed to confirm the present results.

Keywords: Nutritive value, *In vitro* fermentation, Carrot pulp, Gas production, Sheep

*Corresponding author: azizi.ay@lu.ac.ir; azizi.msc.modares@gmail.com