

اثر روش‌های مختلف فرآوری حرارتی بر ارزش تغذیه‌ای دانه ماشک برای نشخوارکنندگان

آنا شیخعلی پور^۱، علی حسینخانی^{۲*}، اکبر تقی‌زاده^۳ و حمید محمدزاده^۴

۱، ۲، ۳ و ۴. دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام، دانشیار، استاد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۳)

چکیده

تحقیق حاضر، به منظور بررسی روش‌های مختلف فرآوری حرارتی بر ارزش غذایی دانه ماشک انجام شد. دانه ماشک با روش‌های پرک، تفت و ماکروویو فرآوری شد. تجزیه پذیری ماده خشک با استفاده از کیسه‌های نایلونی در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای تعیین شد. فرآوری دانه ماشک، تجزیه‌پذیری ماده خشک را تحت تأثیر قرار داد به طوری که ماشک پرک شده و تفت داده به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجزیه‌پذیری را دارا بودند (به ترتیب ۹۱/۰۶ در مقابل ۷۰/۴۹ درصد، $P < 0/05$). تجزیه‌پذیری پروتئین خام هم روند مشابهی را نشان داد (۹۱/۶۴ در مقابل ۵۷/۵۲ درصد به ترتیب برای دانه ماشک پرک شده و تفت داده شده، $P < 0/05$). برای تفسیر روند تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین دانه ماشک خام و فرآوری شده از ۵ مدل هضمی متفاوت استفاده شد. برای ماده خشک دانه ماشک خام، پرک و تفت داده شده بهترین مدل برازش شده مدل ارسکوف و مکدونالد با لحاظ نمودن فاز تأخیر و برای دانه ماشک ماکروویو مدل فرانس بهترین مدل بود. بررسی مدل‌ها نشان داد برای بخش پروتئین، بهترین مدل برای دانه ماشک خام و پرک مدل دانوا بدون فاز تأخیر، برای دانه ماشک تفت داده شده ارسکوف و مکدونالد با فاز تأخیر و برای ماکروویو شده مدل دانوا با فاز تأخیر و پرک شده و ماکروویو شده با ۱۸۴/۹۶ و ۱۴۱/۸۴ میلی‌لیتر به ترتیب بیشترین و کمترین حجم گاز تولیدی را در طول ۴۸ ساعت انکوباسیون داشتند. تفت دادن ماشک منجر به افزایش میزان انرژی قابل متابولیسم گردید (۴/۸۲ در مقابل ۵/۵۳ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک به ترتیب برای دانه خام و تفت‌داده شده ماشک، $P < 0/05$), این در حالی است که پرک کردن و ماکروویو تأثیری بر میزان انرژی قابل متابولیسم نداشتند.

واژه‌های کلیدی: انرژی قابل متابولیسم، تجزیه‌پذیری، فاز تأخیر، گاز تولیدی، مدل‌های هضمی.

Effect of different heat processing methods on nutritive value of common vetch seed in ruminants

Ana Sheikhalipoor¹, Ali Hosseinkhani^{2*}, Akbar Taghzadeh³ and Hamid Mohammadzadeh⁴

1, 2, 3, 4. M.Sc. Student, Associate Professor, Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Tabriz, Iran

(Received: Apr. 25, 2018- Accepted: Nov. 24, 2018)

ABSTRACT

The present study was carried out to study different methods of heat processing on nutritional value of vetch seed. Vetch seed was processed by steam flaking, roasting and microwaving. Dry matter degradability was determined using nylon bags at 0, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48 hours of ruminal incubation. Vetch seed processing, affected dry matter degradability so that steam flaked and roasted samples had the highest and lowest degradability percentage respectively (91.06 vs 70.49, $P < 0.05$). The crude protein degradability showed the same pattern as well (91.64 vs 57.52 percent for steam flaked and roasted vetch respectively, $P < 0.05$). Five different digestibility models were used to interpret degradability of dry matter and protein of raw and heat processed vetch seed. Ørskov and McDonald's model with lag time was the best fitted model for dry matter degradability of raw, steam flaked and roasted vetch seed and Franc model was the best fitted model for microwaved vetch. Considering the crude protein degradability, the best fitted model were Dhanoa without delay phase for the raw and steam flaked vetch, Ørskov and McDonald's with lag time for roasted vetch, and Dhanoa with lag time for microwaved vetch, respectively. Steam flaked and microwaved vetch had the greatest and lowest gas production during 48 hours incubation (184.96 vs 141.84 ml respectively, $P < 0.05$). Roasting increased metabolizable energy of vetch (4.82 vs 5.53 MJ/kg DM for raw and roasted vetch respectively, $P < 0.05$), however no changes was observed in ME content of vetch with microwave or steam flaking.

Keywords: Degradability, digestibility models, longtime, metabolizable energy, gas production.

* Corresponding author E-mail: hosseinkhani18@gmail.com

مقدمه

بقولات از جمله گیاهان زراعی هستند که در سراسر دنیا کشت می‌شوند و با شرایط آب‌وهوایی متفاوت از معتدل تا گرمسیر و از مرطوب تا خشک، سازگاری یافته‌اند. این محصولات، ارزش غذایی زیادی دارند و یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی سرشار از پروتئین می‌باشند، به طوری که حبوبات (که از بقولات دانه‌ای به‌شمار می‌روند) بعد از غلات دومین منبع مهم غذایی انسان به‌شمار می‌روند. به‌علاوه بقولات علوفه‌ای مانند یونجه، در تغذیه دام و در نتیجه تأمین پروتئین حیوانی، نقش بسیار مهمی دارند. این گیاهان به‌خاطر همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا، در حاصلخیزی خاک تأثیر بسیار مثبتی دارند. علاوه بر این، بقولات به‌صورت کود سبز برای تقویت و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک به‌کار می‌روند. از جمله دانه‌های بقولات می‌توان به ماشک اشاره کرد. ماشک با نام علمی (*Vigna sativa*) از گیاهان تیره پروانه‌داران (*Fabaceae*)، راسته نخود (*Fabales*) می‌باشد. Razmazar *et al* (2012) ترکیبات شیمیایی دانه ماشک را برحسب درصد در ماده خشک را به‌ترتیب: ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، چربی خام، دیواره سلولی (NDF)، الیاف شوینده اسیدی (ADF)، کلسیم و فسفر ۸۸/۷، ۳/۸، ۲۹/۳، ۱/۳، ۳۶/۶، ۹/۴، ۰/۱۳ و ۰/۲۱ درصد گزارش کرده‌اند. Seifdavati & Taghizadeh (2012) ترکیبات شیمیایی دانه خام شامل ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام، دیواره سلولی (NDF)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) را به‌ترتیب ۳/۱، ۲۷/۸، ۹۵/۳، ۹۰/۶، ۳۴/۹ و ۵/۲ درصد و انرژی قابل متابولیسم ماشک خام را ۱۷/۴ مگاژول بر کیلو گرم ماده خشک و برای دانه ماشک فرآوری شده ۸/۸، ۹۵/۹، ۲۶/۷، ۲/۶، ۳۳/۹ و ۵/۲ درصد و انرژی قابل متابولیسم ماشک فرآوری شده را ۱۷/۸ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند.

مدل‌های دینامیکی هضم نه تنها به پیش‌بینی ارزش تغذیه‌ای خوراکی‌ها همراه با تغییرات جیره، جمعیت میکروبی و وضعیت‌های فیزیولوژیکی دام کمک می‌کند، بلکه باعث کشف عوامل محدود کننده

فرآیند هضم نیز می‌شود (Forbes & France, 1996). مدل‌های مختلفی برای توصیف هضم و عبور خوراک در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان پیشنهاد شده است (Baldovin & Eli, 1979; Mertenz & Eli, 1979). میزان هضم مواد خوراکی تابعی از زمان توقف آن در دستگاه گوارش است و تغییرات روند هضمی می‌تواند با تقسیم کردن خوراک به بخش‌های تجزیه سریع شکمبه‌ای، بخش تجزیه کند و غیرقابل تجزیه در شکمبه، مورد بررسی قرار گیرد. به‌علت متغیر بودن ماهیت مواد خوراکی، مدل‌ها و معادلات هضمی مختلف با پراکنش زیاد وجود دارد که برای هر نوع خوراک مدل‌های جداگانه‌ای باید ترسیم نمود (Forbes & France, 1996). استفاده از روش‌های مختلف هضمی براساس انواع جیره‌های خوراکی و ترکیب خوراک و نحوه تجزیه‌پذیری آن‌ها باعث بوجود آمدن این مدل‌ها شده است. با استفاده از این مدل‌ها می‌توان فراسنجه‌های هضم شکمبه‌ای مواد خوراکی را تخمین زده و سپس مواد خوراکی یا سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای را مقایسه نمود. در روش استفاده از کیسه‌های نایلونی نیز برای تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین مواد خوراکی، پس از این‌که میزان ناپدید شدن پروتئین خوراک از کیسه‌ها در زمان‌های مختلف شکمبه‌گذاری اندازه‌گیری شد، داده‌های حاصله عموماً برای یک مدل خطی (Fox *et al.*, 1992) یا غیرخطی (Lopez *et al.*, 1999; Mertenz & Loftin, 1980) برازش داده می‌شوند تا نرخ تجزیه‌پذیری و سایر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده مغذی تخمین زده شود. با تلفیق فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در شکمبه و نرخ خروج محتویات از شکمبه، تجزیه‌پذیری ماده مغذی قابل تخمین است. گرچه مدل‌های ریاضی مختلف به‌طور گسترده‌ای برای تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مواد خوراکی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ولی عموماً شایستگی برازش آن‌ها مورد آزمون قرار نگرفته است (Bach *et al.*, 1998). در بین مدل‌های مختلف سه مدل (Fox *et al.*, 1992) Ørskov & McDonald (1979) و Lopez *et al.* (1999) بیشتر در تحقیقات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هدف از انجام آزمایش

هر تیمار در هر زمان شکمبه‌گذاری ۴ تکرار در نظر گرفته شد و ضرایب تجزیه‌پذیری از رابطه Ørskov & McDonald (1979) با استفاده از نرم‌افزار Neway محاسبه شد.

در این مطالعه، ۵ مدل هضمی مختلف به‌منظور بررسی روند هضمی مورد مقایسه قرار گرفت که شامل مدل‌های زیر می‌باشند:

Model 1: Ørskov without delay phase (1979)

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

Model 2: Ørskov with delay phase (1979)

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

Model 3: Franc *et al.* (1990)

$$P = a + b(t^c + k^c)$$

Model 4: Danova *et al.* (1990)

$$P = 1 - e^{-c(t-L) - d(\sqrt{t-L})}$$

Model 5: Dunova without delay phase (1995)

$$P = a + b(1 - e^{-c(t-d(\sqrt{t}))})$$

a: بخش محلول (درصد)، b: بخش نامحلول اما قابل تخمیر (درصد)، c: ثابت نرخ تولید گاز (میلی لیتر بر ساعت)، a+b: پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر).

انرژی قابل متابولیسم (ME) دانه ماشک با استفاده از معادلات ارائه‌شده توسط Menke & Steingass (1988) محاسبه گردید.

$$ME \text{ (Mj/kg DM)} = 1.06 + 0.1570 GP + 0.0084 CP + 0.0220 CF - 0.0081CA$$

در این معادله: GP: تولید گاز ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر)، CP: درصد پروتئین خام، CF: درصد الیاف خام و CA: درصد خاکستر نشان می‌دهند.

اندازه‌گیری تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی

اندازه‌گیری تولید گاز به‌روش Fedorac & Herody (1983) به‌صورت ۶ تکرار برای هر تیمار انجام گرفت. در این روش جابه‌جایی مایع درون شیشه‌های مدرج توسط فشار گاز تولیدی در شیشه‌های حاوی مایع شکمبه و نمونه خوراک معرف میزان تولید گاز در نظر گرفته می‌شود. مایع شکمبه مورد نیاز از دو رأس گوسفند فیستولاگذاری‌شده که به‌مدت دو هفته با جیره‌ای شامل ۶۰ درصد مواد متراکم و ۴۰ درصد یونجه مرغوب تغذیه شده بودند تهیه شد. برای تصحیح میزان گاز تولیدی ناشی از مایع شکمبه، سه عدد شیشه به‌عنوان بلانک که فقط حاوی مایع شکمبه بودند در نظر گرفته شد.

حاضر بررسی و مقایسه تأثیر روش‌های مختلف تیمار حرارتی بر تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام دانه ماشک و سپس ارزیابی آن با مدل‌های مختلف و در نهایت تعیین بهترین مدل متناسب با روند تجزیه‌پذیری بود.

مواد و روش‌ها

اجرای مراحل مختلف آزمایش در آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه تبریز صورت پذیرفت. ماده خوراکی مورد آزمایش دانه ماشک بود که با سه روش پرک کردن^۱، میکروویو^۲ و تفت دادن^۳ فرآوری شد. برای پرک کردن، دانه ماشک به‌مدت ۱۰ دقیقه بخار داده شده سپس توسط غلطک پرک شد. برای میکروویو نمودن، دانه‌ها در داخل دستگاه میکروویو ۸۰۰ واتی به‌مدت ۳ دقیقه پرتوتابی شدند و در روش تفت دادن، دانه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در ظرف چدنی توسط حرارت غیرمستقیم تا زمان تغییر رنگ در دانه تفت داده شدند (Parniyan, 2010; Seifdavati, 2012).

ترکیبات شیمیایی نمونه‌های (پرک‌شده، تفت‌داده‌شده و ماکروویوشده) مورد مطالعه در آزمایشگاه با استفاده از روش AOAC (2005) و NDF و ADF با روش Van Soest *et al.* (1991) تعیین شد. همچنین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای با استفاده از کیسه‌های نایلونی به‌روش *in situ* با استفاده از ۲ رأس گوسفند نر اخته نژاد قزل فیستولاگذاری‌شده، اندازه‌گیری شد. حیوانات آزمایشی به‌وسیله جیره پیشنهادی NRC2007 گوسفندی با نسبت ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره شامل دانه جو، سبوس گندم، دانه ذرت و مکمل معدنی و ویتامینی، در سطح نگهداری تغذیه شدند. خوراک گوسفندها به‌صورت منظم و روزانه در ۲ وعده در اختیار آن‌ها قرار می‌گرفت تا سبب رشد و تراکم مناسب جمعیت میکروبی، در طول زمان تخمیر نمونه‌ها در شکمبه شود. شکمبه‌گذاری محتویات کیسه‌ها در زمان‌های صفر، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ ساعت انجام شد. برای

1. Steam flaking
2. Microwaving
3. Roasting

مدل آماری

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری توسط مدل‌های هضمی مختلف تعیین شده و جهت بررسی در جدول‌ها جداگانه تفسیر شد. اطلاعات حاصل از تجزیه‌پذیری در هر ساعت شکمبه‌گذاری توسط نرم‌افزار SAS (2002) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. مدل آماری طرح به صورت زیر بود:

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

Y_{ij} : مقدار هر مشاهده، μ : میانگین کل، T_i : اثر تیمار و e_{ij} : خطای آزمایش می‌باشد.

فرآوری حرارتی تأثیری بر ترکیبات شیمیایی دانه ماشک نداشت. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق Razmazar *et al.* (2012) و Seifdavati & Taghizadeh (2012) همخوانی نسبی دارد به جز بخش چربی خام که نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر بیشتر از گزارش‌های پیشین (Seyfdavati & Taghizadeh) (2012) با ۲/۳۱، Razmazar *et al.* (2012) با ۱/۲۵ و Tabatabay *et al.* (2008, 2011) با ۵/۵ درصد چربی) است و این اختلاف را می‌توان به رقم دانه ماشک و شرایط کشت (جنس خاک، زمان کشت، بذر مورد استفاده، کود مصرفی) و زمان برداشت آن ارتباط داد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی دانه ماشک خام و فرآوری شده در جدول ۱ گزارش شده است. پروتئین خام نمونه‌ها در دامنه ۲۲ الی ۲۵ درصد در ماده خشک بود و بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. Tabatabay & Najafnezhad (2006) که اثر برشته نمودن جو، ماشک و گاو دانه را مورد بررسی قرار داده بودند، گزارش نمودند که برشته نمودن ماشک منجر به افزایش مقدار پروتئین خام، در دانه‌ی جو منجر به کاهش و در گاو دانه تأثیری روی پروتئین خام نداشت.

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

میانگین ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌های مورد آزمایش در جدول‌های ۲ و ۳ گزارش شده است.

با توجه به نتایج گزارش شده در زمان شروع شکمبه‌گذاری، ماشک پرک شده با ۱۴/۷۱ درصد بیشترین و ماشک ماکروویو شده با ۷/۲۷ درصد کمترین میزان ناپدید شدن ماده خشک را دارا بودند ($P < 0.05$). این تفاوت تا آخرین ساعت شکمبه‌گذاری ادامه یافت ($P < 0.05$).

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی دانه ماشک خام و فرآوری شده (درصد ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of the raw and processed vetch (DM%)

Treatments	DM	EE	CP	Ash	NFC	NDF	ADF
Raw vetch	92.3	8.7	21.5	3.2	24.3	34.7	13.1
Steam flaked vetch	96.1	8.9	23.3	3.0	27.1	33.3	7.0
Roasted vetch	91.8	9.4	22.1	3.5	26.8	30	8.6
Microwaved vetch	96.7	10.0	21.9	4.0	25.4	35.0	11.4
SEM	1.6	0.09	1.2	0.04	0.4	1.3	1.8
p-value	0.94	0.20	0.51	0.51	0.22	0.98	0.99

NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber, DM: Dry Matter, Cp: Crude Protein, Ash, NFC: Non-fibrous carbohydrates, EE: Ether Extract

جدول ۲. ناپدید شدن ماده خشک (درصد) ماشک خام و فرآوری شده در طول ۴۸ ساعت شکمبه‌گذاری شکمبه‌ای

Table 2. Dry matter disappearance of raw and processed vetch during 48 hrs ruminal incubation (%)

Treatments	Incubation times (h)							
	0	2	4	8	12	24	36	48
Raw vetch	11.4 ^b	18.7 ^b	23.4 ^{ab}	46.3 ^a	53.3 ^a	61.1 ^a	80.5	88.1 ^a
Steam flaked vetch	14.7 ^a	27.2 ^a	31.9 ^a	47.6 ^a	57.7 ^a	62.5 ^a	79.4	91.1 ^a
Roasted vetch	7.6 ^c	18.8 ^b	22.3 ^b	27.9 ^b	41.5 ^b	49.2 ^b	64.7	70.4 ^b
Microwaved vetch	7.2 ^c	23.5 ^{ab}	29.5 ^{ab}	38.4 ^a	48.7 ^b	54.6 ^{ab}	71.1	78.7 ^{ab}
SEM	0.6	1.6	1.8	2.2	1.7	1.8	4.4	2.7
p-value	0.0003	0.09	0.08	0.005	0.006	0.01	0.33	0.01

* حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها است ($P < 0.05$).

* Non-similar letters in each column indicate a significant difference between the samples ($P < 0.05$).

پروتئین از دسترس میکروارگانیزم‌های شکمبه شده و آن را به صورت عبوری از شکمبه خارج می‌نماید. نکته جالب توجه این است که پرک کردن در ۸ ساعت نخست شکمبه‌گذاری، تجزیه‌پذیری پروتئین را افزایش داد ($P < 0.05$) (جدول ۳). شاید اهمیت آن به هنگام استفاده در جیره‌های حاوی غلات با کربوهیدرات سریع التخمیر نظیر دانه جو باشد که می‌تواند به همزمانی فراهمی نیتروژن با کربوهیدرات و تولید بیشتر پروتئین میکروبی کمک نماید. این تفاوت می‌تواند ناشی از تغییرات ساختمان پروتئینی ماشک حرارت داده شده (تفت و ماکروویو) باشد که در نتیجه آن در تمامی ساعات شکمبه‌گذاری، ماشک پرک، بیشترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام را نسبت به تیمار فرآوری شده دارا بود.

در پژوهش Seifdavati (2012)، میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام در طول ۴۸ ساعت شکمبه‌گذاری، برای دانه ماشک خام ۹۸/۵۹ درصد و برای دانه ماشک اتوکلاو شده ۹۵/۸۶ درصد گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد. نتایج تحقیق Seifdavati (2012) نشان داد که فرآوری حرارتی دانه خلر و گاوآنه منجر به کاهش ۱۰ درصدی تجزیه‌پذیری پروتئین شد. در تحقیق حاضر نیز تفت دادن میزان تجزیه‌پذیری پروتئین را به ۲۰ درصد کاهش داد. به طوری که در ساعت ۲۴ شکمبه‌گذاری میزان کاهش نزدیک ۱۰ درصد بوده است. همانند تحقیق حاضر که دانه ماشک تفت داده شده به میزان ۲۰ درصد کمتر از دانه ماشک خام تجزیه‌پذیری نشان داده است. این یافته نشان می‌دهد که پروتئین خام دانه ماشک برخلاف پروتئین خام دانه‌های خلر و گاوآنه تحت حفاظت بیشتر حرارتی به دلیل تفاوت در حساسیت به حرارت و آسیب‌پذیری حرارتی قرار گرفته است (Seifdavati, 2012).

فرآوری‌های تفت دادن و ماکروویو بر خلاف پرک کردن نه تنها افزایشی در میزان تجزیه‌پذیری ایجاد نمودند بلکه در برخی زمان‌ها منجر به کاهش معنی‌دار در میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک ماشک شدند. براساس نتایج به دست آمده در زمان صفر، بخش محلول تیمار پرک شده تقریباً ۲ برابر این بخش در دانه تفت داده شده بود ولی در انتهای ۴۸ ساعت شکمبه‌گذاری، تجزیه‌پذیری تیمار ماشک تفت داده شده حدود ۲۵ درصد کمتر از تیمار ماشک پرک بود ($P < 0.05$) (جدول ۲). از طرف دیگر، بررسی نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که فرآوری پرک کردن، بخش محلول پروتئین ماشک را به طور قابل توجهی و تا حدود ۴ برابر سایر تیمارها افزایش داد. لذا می‌توان سهم عمده میزان بالای ناپدید شدن ماده خشک در اثر فرآوری پرک را به ناپدید شدن پروتئین آن نسبت داد (جدول‌های ۲ و ۳). به نظر می‌رسد تفت دادن، نه تنها بخش محلول ماشک، بلکه میزان تجزیه‌پذیری آن را نیز در طول زمان نیز کاهش داد. علت این اختلاف می‌تواند ناشی از واکنش‌های حرارتی و تجزیه مقداری از ماده خشک حین فرآوری با حرارت باشد.

ماشک پرک شده با ۱۶/۴۱ درصد بیشترین و ماشک ماکروویو شده با ۱/۵۳ درصد کمترین میزان ناپدید شدن پروتئین خام در زمان صفر شکمبه‌گذاری را دارا می‌باشند ($P < 0.05$) (جدول ۳). در مقابل ماشک تفت داده شده و خام تفاوتی در این ساعت نشان ندادند. شکمبه‌گذاری به مدت ۴۸ ساعت نشان داد که برخلاف ساعت‌های آغازین، تنها فرآوری تفت دادن باعث کاهش معنی‌دار در تجزیه‌پذیری پروتئین در طول ۴۸ ساعت شد ($P < 0.05$) (جدول ۳). به نظر می‌رسد فرآوری حرارتی به ویژه تفت دادن با ایجاد تغییر در ساختار سوم پروتئین منجر به خارج شدن

جدول ۳. میزان ناپدید شدن پروتئین خام (درصد) ماشک خام و فرآوری شده در طول ۴۸ ساعت شکمبه‌گذاری
Table 3. Crude protein disappearance of raw and processed vetch during 48 hrs ruminal incubation (%)

Treatments	Incubation times (h)							
	0	2	4	8	12	24	36	48
Raw vetch	4.8 ^b	11.8 ^b	20.6 ^b	35.7 ^b	51.3	55.7 ^{ab}	78.7	87.1 ^a
Steam flaked vetch	16.4 ^a	30.4 ^a	32 ^a	53.7 ^a	59.1	62.6 ^a	75.1	91.6 ^a
Roasted vetch	4.2 ^{bc}	13.9 ^b	17.9 ^b	38.2 ^b	44.5	49.3 ^{ab}	51.3	57.5 ^b
Microwaved vetch	1.5 ^c	13.6 ^b	18.3 ^b	37.7 ^b	40.7	44.8 ^b	51.2	77.9 ^a
SEM	1.2	2.1	1	2.9	4.1	2.9	4.7	3.6
p-value	0.0009	0.01	0.0005	0.01	0.23	0.02	0.11	0.01

* حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین نمونه‌ها است ($P > 0.05$).

* Non-similar letters in each column indicate a significant difference between the samples ($P < 0.05$)

همگرایی حاصل نشده است، نزدیک‌ترین تابع غیرخطی به اعداد واقعی، برازش شده است. اولویت با مدل‌هایی است که همگرایی حاصل شده است. ب) داشتن توجیه بیولوژیکی پارامترهای حاصل شده: به‌عنوان مثال برخی مواقع با قرار دادن نتایج در مدل، برآورد عدد منفی برای c حاصل می‌شود که از لحاظ بیولوژیکی قابل قبول نمی‌باشد. پ) ضریب تبیین مدل (R -square) که بزرگ بودن این عدد نشان‌دهنده کوچک بودن مجموع مربعات خطاست. مدل‌های دارای ضریب تبیین بزرگ‌تر، در صورتی که از دو شرط بالا برخوردار باشند، معیار مقایسه مدل‌ها قرار گرفته و به‌عنوان مدل بهینه گزارش می‌شوند. با توجه به نتایج جدول ۴ و با لحاظ نمودن ضریب تبیین محاسبه‌شده برای مدل‌های مختلف، بهترین مدل‌های هضمی برای تجزیه‌پذیری ماده خشک ماشک خام و فرآوری‌شده به شرح زیر انتخاب شد. برای دانه ماشک خام، پرک‌شده و تفت‌داده‌شده بهترین مدل، مدل ۲ یعنی Ørskov with delay phase (1979) می‌باشد و برای دانه ماشک ماکروویو داده شده مدل Franc (1990) می‌باشد.

در تحقیق Seifdavati (2012) میزان تجزیه‌پذیری مؤثر و بخش محلول را برای دانه ماشک خام به ترتیب ۸۳/۵۸ و ۳۹/۹۰ درصد به‌دست‌آمده که بعد از تیمار حرارتی، میزان تجزیه‌پذیری مؤثر و بخش محلول به ۷۷/۶۷ و ۳۶/۵۹ درصد تنزل یافت. نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر نیز مطابق این روند است. احتمال دارد که در دانه ماشک همانند سایر دانه‌های بقولات در اثر اتوکلاو کردن ذخایر نشاسته و پروتئین خام آن از حالت معمول گرانولی به خمیری شکل درآمده و سطح ویژه تأثیر میکروبی برای تخمیر و تجزیه آن کاهش یابد.

در جدول ۵ مؤلفه‌های مدل‌های هضمی مختلف و مقایسه آنها برای انتخاب بهترین مدل در تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین ماشک خام و فرآوری شده آورده شده است. برای دانه ماشک خام بهترین مدل، مدل ۴ یعنی مدل Dunova without delay phase، برای دانه ماشک پرک شده همین مدل، ماشک تفت داده شده مدل ۲ یعنی مدل Ørskov with delay phase و برای دانه ماشک ماکروویو مدل ۴ یعنی مدل Danova می‌باشد.

نتایج مشابهی از روند کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه ماشک طی ساعت‌های اولیه شکمبه‌گذاری بعد از اتوکلاو کردن دانه توسط Aguilera (1992) گزارش شده است. Tabatabay & Najafnezhad (2006) کاهش معنی‌داری را در تجزیه‌پذیری پروتئین خام جو، ماشک و گاودانه در اثر برشته نمودن، گزارش نموده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با استفاده از مدل‌های مختلف هضمی

استفاده از روش‌های مختلف هضمی براساس نوع فرمول غذایی و ترکیب خوراک و نوع تجزیه‌پذیری آن‌ها باعث بوجود آمدن این مدل‌ها شده است. با استفاده از این مدل‌ها می‌توان فراسنجه‌های هضم شکمبه‌ای مواد خوراکی را تخمین زده و سپس مواد خوراکی یا سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای را مقایسه نمود. در روش استفاده از کیسه‌های نایلونی نیز برای تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین مواد خوراکی، پس از اینکه میزان ناپدید شدن پروتئین خوراک از کیسه‌ها در زمان‌های مختلف شکمبه‌گذاری اندازه‌گیری شد، داده‌های حاصله عموماً برای یک مدل خطی (Fox, et al., 1992) یا غیرخطی (Lopez et al., 1999; Mertnz & Loften, 1980) برازش داده می‌شوند تا نرخ تجزیه‌پذیری و سایر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده مغذی تخمین زده شود. با تلفیق فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در شکمبه و نرخ خروج محتویات از شکمبه، تجزیه‌پذیری مؤثر ماده مغذی قابل تخمین است. گرچه مدل‌های ریاضی مختلف به‌طور گسترده‌ای برای تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مواد خوراکی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی عموماً شایستگی برازش آن‌ها مورد آزمون قرار نگرفته است (Bach et al., 1998). در بین مدل‌های مختلف سه مدل Ørskov & McDonald (1979)، Fox et al. (1992) و Lopez et al. (1999) بیشتر در تحقیقات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این مطالعه پنج مدل مختلف جهت بررسی روند هضمی مورد مقایسه قرار گرفته است. برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مدل بهینه بایستی چند شاخص مختلف مدنظر قرار گیرد: الف) همگرایی یا عدم همگرایی: در مواردی که

جدول ۴. مؤلفه‌های مدل‌های هضمی مختلف و مقایسه آنها برای انتخاب بهترین مدل در تعیین تجزیه‌پذیری ماده خشک ماشک خام و فرآوری شده

Table 4. Components of different degradability models and their comparison to select the best model for dry matter degradability of raw and processed *Vetch*

Treatments	Models	a%	b%	c (h ⁻¹)	L(h)	d%	k (h ⁻¹)	SSM	CSST	R ²	Explanation
Raw Vetch	1	7.2	92.6	0.04				21774	23620.4	92.18	Non-convergence
	2	12	82.2	0.05	2.37			21932.3	23620.4	92.85	
	3	6.4	93	0.02			3.33	21635.9	23620.4	91.59	
	4	10.6	82.8	0.07	-0.07			21861.9	23620.4	92.55	
	5	13.3	77.9	0.03	3.57	0.24		75202.6	76843.6	97.86	
Steam flaked Vetch	1	11.7	84.4	0.05				19313.4	20675.2	93.41	Non-convergence
	2	13.9	79.3	0.06	1.10			19351.1	20675.2	93.59	
	3	11.1	92.7	0.02			6.08	19345.4	20675.2	93.56	
	4	12.4	81.8	0.06		-0.02		19317.7	20675.2	93.43	
	5	16.9	77	0.04	2.02	0.13		83579.8	84866.8	98.48	
Roasted Vetch	1	5.8	80.3	0.04				14624.6	15367.7	95.16	Non-convergence
	2	8.5	72.9	0.04	1.61			14671.9	15367.7	95.47	
	3	5.7	82.3	0.03			1.24	14624.8	15367.7	95.16	
	4	7.6	72.5	0.05		-0.04		14648.6	15367.7	95.32	
	5	8.5	164.8	-0.001	2.35	0.10		14703.8	15367.7	95.67	
Microwaved Vetch	1	5.5	78.1	0.06				17372.3	18107.5	95.93	Non-convergence
	2	6.6	75.7	0.06	0.57			17381.7	18107.5	95.99	
	3	4.6	84.7	0.02			5.98	17434.6	18107.5	96.28	
	4	4.4	82.8	0.04		0.03		17384.1	18107.5	96	
	5	6.6	117	-0.005	1.58	0.22		17654.8	18107.5	97.49	

مدل ۱: مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری، مدل ۲: مدل ارسکوف با فاز تأخیری، مدل ۳: مدل فرانس ۴: مدل دانوا و ۵- مدل دانوا بدون فاز تأخیر می‌باشد.
 a درصد بخش سریع قابل تجزیه، b درصد بخش نامحلول و بالقوه قابل تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه بخش b بخش در ساعت، L زمان تأخیر قبل از تجزیه‌پذیری، d بخش پتانسیل تجزیه‌پذیر 'd' به‌عنوان مجموع 'a' و 'b' محاسبه می‌شود، K: سرعت ثابت عبور، SSM مجموع مربعات، CSST مجموع مربعات زمان تصحیح.

Model 1: Ørskov without delay phase, Model 2: Ørskov with delay phase, Model 3: Franc, Model 4: Danova and Model 5-Dunova without delay phase

'a' is the rapidly soluble fraction (the proportion that can be washed out of the bags at 0 h),

'b' is the degradable but insoluble fraction,

'c' is the rate constant (h⁻¹) of the degradation of fraction 'b'

'L' is the lag time (h) before disappearance began.

Potentially degradable fraction 'd' was calculated as the sum of 'a' and 'b'.

'K' rate constant-of passage (h⁻¹)

SSM: is sum-of-squares means

CSST: is corrected sum-of-squares-time

جدول ۵. مؤلفه‌های مدل‌های هضمی مختلف و مقایسه آنها برای انتخاب بهترین مدل در تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین خام ماشک

Table 5. Components of different degradability models and their comparison to select the best model for crude protein degradability of raw and processed *Vetch*

Treatments	Models	a%	b%	c (h ⁻¹)	L (h)	d%	k (h ⁻¹)	SSM	CSST ²	R ²	Explanation
Raw vetch	1	6.7	81.6	0.05				5832.6	6310.2	92.43	Non-convergence
	2	4.8	83.5	0.05	-0.41			5832.6	6310.2	92.43	
	3	5.1	86.7	0.02			5.71	5866.5	6310.2	92.96	
	4	3.6	95	0.02		0.07		5882.6	6310.2	93.22	
	5	4.8	146	-0.01	0.98	0.15		5948.8	6310.2	94.27	
Steam flaked vetch	1	20.2	65.6	0.06				4029.5	4393	91.72	Non-convergence
	2	19.7	66.1	0.06	-0.11			4029.5	4393	91.72	
	3	18.5	69.8	0.03			6.84	4067.1	4393	92.58	
	4	16.5	85.2	0.01	0.11			4120.9	4393	93.8	
	5	17.1	82	0.01	0.33	0.17		23377	23649	98.84	
Roasted vetch	1	1.2	51	0.14				2522.6	2803.1	89.99	Non-convergence
	2	9.1	42	0.56	3.78			2694.3	2803.1	96.11	
	3	9.1	42	0.77			9.41	2694.3	2803.1	96.11	
	4	4.8	47	0.30		-0.36		2585.8	2803.1	92.24	
	5	4.2	138	-0.02	1.42	0.27		2548.5	2803.1	90.91	
Microwaved vetch	1	9.1	78.3	0.03				3605.2	4073.9	88.49	Non-convergence
	2	2.5	84.9	0.03	-2.62			3605.2	4073.9	88.49	
	3	6.2	71.7	0.02			5.18	3626.1	4073.9	89.01	
	4	2.5	85.23	0.01		0.09		3706.9	4073.9	90.99	
	5	3.7	118.2	0.01	1.82	0.06		3732.3	4073.9	91.61	

مدل ۱: مدل ارسکوف بدون فاز تأخیری، مدل ۲: مدل ارسکوف با فاز تأخیری، مدل ۳: مدل فرانس ۴: مدل دانوا و ۵- مدل دانوا بدون فاز تأخیر می‌باشد.
 a درصد بخش سریع قابل تجزیه، b درصد بخش نامحلول و بالقوه قابل تجزیه، c ثابت نرخ تجزیه بخش b بخش در ساعت، L زمان تأخیر قبل از تجزیه‌پذیری، d بخش پتانسیل تجزیه‌پذیر 'd' به‌عنوان مجموع 'a' و 'b' محاسبه می‌شود، K: سرعت ثابت عبور، SSM مجموع مربعات، CSST مجموع مربعات زمان تصحیح.

Model 1: Ørskov without delay phase, Model 2: Ørskov with delay phase, Model 3: Franc, Model 4: Danova and Model 5-Dunova without delay phase

'a' is the rapidly soluble fraction (the proportion that can be washed out of the bags at 0 h),

'b' is the degradable but insoluble fraction,

'c' is the rate constant (h⁻¹) of the degradation of fraction 'b'

'L' is the lag time (h) before disappearance began.

Potentially degradable fraction 'd' was calculated as the sum of 'a' and 'b'.

'K' rate constant-of passage (h⁻¹)

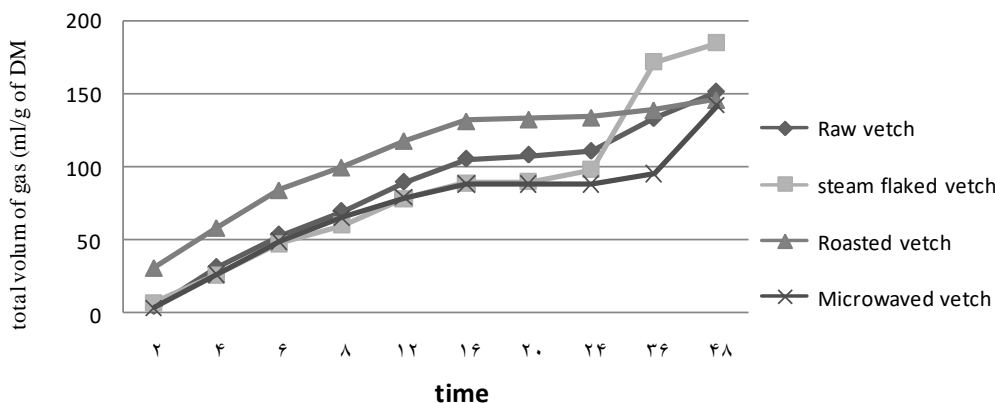
SSM: is sum-of-squares means

CSST: is corrected sum-of-squares-time

تأثیر فرآوری حرارتی بر تخمیرپذیری دانه ماشک

روند تخمیر دانه ماشک در چهار حالت خام، پرک شده، تفت داده شده و ماکروویو شده در ساعت‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ بعد از عمل شکمبه‌گذاری در نمودار ۱ و همچنین فراسنجه‌های مربوطه در جدول ۶ نشان داده شده است. با توجه به نمودار ۱ در ۲ ساعت اول شکمبه‌گذاری سه تیمار دانه ماشک خام، پرک و ماکروویو از لحاظ آماری تفاوتی در تولید گاز نداشتند ولی دانه ماشک تفت‌داده شده دارای تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). این حالت تا ساعت ۲۴ ساعت بعد از شکمبه‌گذاری همچنان ادامه یافت. همچنین در این ساعات، علیرغم بالا بودن قسمت محلول در دانه ماشک پرک شده (جدول ۳)، پایین‌ترین میزان تولید گاز را بخود اختصاص داد که علت آن می‌تواند به محتوای بالای باندهای پروتئین با دیواره سلولی باشد که باعث ایجاد فاز تأخیر شده (فاز تأخیر، زمان لازم برای هضم هر دو بخش نامحلول و محلول دارای توانایی تجزیه می‌باشد تا ماده خوراکی توسط میکروارگانیسم‌ها شناسایی شده و شروع به تجزیه شود) و مدت زمان چسبیدن میکروارگانیسم‌های شکمبه به ذرات غذایی را به تأخیر انداخته است (Seifdavati, 2012). تا ۲۴ ساعت بعد از شکمبه‌گذاری، دانه ماشک تفت‌داده شده دارای بیشترین میزان تولید گاز (در بازه ۳۰/۸۵ الی ۱۳۴/۰۹ میلی‌لیتر در گرم ماده خشک) بود ولی در نهایت کاهش بیشتر تخمیر در ساعات انتهایی، این نمونه را هم تراز ماشک خام و ماکروویو نشان داد (شکل ۱). پایین‌تر بودن میزان تجزیه‌پذیری پروتئین به ویژه در ساعاتی انتهایی تخمیر (جدول ۳) و عدم تأمین نیتروژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها در محیط کشت می‌تواند دلیل اصلی این کاهش تخمیر و تولید گاز در ماشک تفت داده شده باشد. به‌طور قابل‌توجهی، یک جهش چشم‌گیر در ساعات ۳۶ و ۴۸ ساعت بعد از شکمبه‌گذاری در میزان تخمیر و حجم گاز تولید شده در دانه ماشک پرک‌شده روی داد که حتی از لحاظ آماری نیز بین این تیمار با سه تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری به‌وجود آمد ($P < 0.05$). شاید تنها دلیلی که بتواند این فرآیند را توضیح دهد تجزیه‌پذیری

بیشتر پروتئین در نمونه‌های پرک‌شده است (جدول ۳) که نیتروژن مورد نیاز برای رشد و تداوم تخمیر میکروارگانیسم‌ها را در این ساعت‌ها فراهم آورده است. از جمله پژوهش‌هایی که در مورد تولید گاز در دانه ماشک صورت گرفته می‌توان به تحقیقات Seifdavati & Taghizadeh (2012) اشاره نمود. در این پژوهش دانه ماشک به همراه دانه‌های گاوآنه و خلر در دو حالت خام و اتوکلاو شده با حرارت مرطوب مورد آزمایش قرار گرفت. Seifdavati & Taghizadeh (2012) میزان گاز تولیدی دانه ماشک خام و فرآوری‌شده به‌روش حرارت مرطوب را به‌ترتیب در ساعات ۲ (۱۹/۶۸ و ۱۷/۹۸)، ۶ (۷۵/۷۹ و ۴۷/۸۲)، ۱۲ (۱۳۸/۸۹ و ۱۰۶/۵۹)، ۲۴ (۲۰۷/۳۳ و ۲۴۶/۲۹)، ۴۸ (۲۶۱/۰۹ و ۲۳۷/۴۵) و ۷۲ (۲۸۲/۳۴ و ۲۵۸/۳۶) گزارش کرده‌اند که با میزان گاز تولیدی در پژوهش حاضر در چهار تیمار مورد آزمایش تفاوت نشان می‌دهد. Razmazar *et al.* (2012) میزان گاز تولیدی برای دانه ماشک در ساعات مختلف به‌ترتیب ۲ (۸/۵۷)، ۴ (۱۷/۴۱)، ۶ (۲۷/۹۱)، ۸ (۳۶/۱۶)، ۱۲ (۴۵/۱۶)، ۲۴ (۵۹/۲۰)، ۴۸ (۷۰/۲۸)، ۷۲ (۷۲/۷۴) و ۹۶ (۷۴/۶۳) میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه گزارش کرده‌اند که ناهمسو با نتایج آزمایش حاضر است. در پژوهشی دیگر گاز تولیدی در ساعت ۲۴ برای دانه ماشک خام ۲۳۵ میلی‌لیتر به‌ازای هر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک (میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم ماده خشک) گزارش شده است (Yazdi *et al.*, 2008). در تحقیق حاضر بیشترین مقدار انرژی قابل متابولیسم برای دانه ماشک تفت‌داده شده (۵/۵۳ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) به‌دست آمده است و کمترین مقدار آن نیز سهم دانه ماشک ماکروویو شده (۴/۱۹ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) بوده و دانه‌های ماشک خام (۴/۸۲ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) و پرک داده شده (۴/۵۰ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) در حد واسط این دامنه واقع شده‌اند (جدول ۶) ($P < 0.05$). Razmazar *et al.* (2012) گزارش دادند که میزان انرژی متابولیسمی دانه ماشک خام ۱۰/۵۷ مگاژول می‌باشد.



شکل ۱. منحنی‌های تولید گاز دانه ماشک خام و فرآوری‌شده در طول ۴۸ ساعت انکوباسیون
Figure 1. Gas production curves of treated and untreated vetch during 48 hrs of incubation

جدول ۶. فراسنجه‌های تولید گاز دانه ماشک خام و فرآوری‌شده ماشک

Table 6. Gas production parameters of raw and processed vetch

Treatments	(a + b)	C	ME
Raw	145.3 ^a	0.08 ^b	4.82 ^b
Steam flaking	200 ^b	0.01 ^c	4.50 ^b
Roasting	141.6 ^a	0.15 ^a	5.53 ^a
Microwaving	122 ^a	0.08 ^b	4.19 ^b
SEM	6.48	0.004	0.12
p-value	0.001	0.002	0.001

* حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین نمونه‌ها است ($P < 0.05$).

(a+b): پتانسیل تولید گاز (میلی لیتر)، c: ثابت نرخ تولید گاز، ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)

* Non-similar letters in each column indicate a significant difference between the samples ($P < 0.05$).

(a+b): potential degradability (ml), c: Rate constant (ml/h), ME: Metabolizable energy (MJ/kg DM).

نتیجه‌گیری کلی

دانه ماشک با دارا بودن بیش از ۲۰ درصد پروتئین خام می‌تواند به‌عنوان یک منبع مناسب پروتئینی در تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرد. فرآوری حرارتی این ماده خوراکی به‌ویژه تفت دادن می‌تواند با کاهش دادن تجزیه‌پذیری پروتئین آن، مقدار قابل‌توجهی پروتئین عبوری به‌ویژه برای حیوانات پر تولید فراهم نماید. با این وجود بررسی‌های بیشتری برای تعیین میزان آسیب حرارتی ناشی از تفت دادن و تعیین میزان پروتئین عبوری بایستی انجام پذیرد.

Seifdavati & Taghizadeh (2012) میزان انرژی

قابل متابولیسم را برای دانه ماشک و گاو دانه، خام و اتوکلاوشده به ترتیب ۷/۸۲ و ۶/۴۰، ۸/۹۸ و ۸/۵۴ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک به دست آورده‌اند که علت پایین بودن میزان ME دانه ماشک نسبت به گاو دانه را نرخ پایین تولید گاز و میزان کم تولید گاز در ساعت ۲۴ عنوان کرده‌اند. در نتیجه میزان انرژی قابل متابولیسم به دست آمده در تحقیق حاضر با نتایج به دست آمده توسط محققین مذکور تفاوت آشکاری دارد.

REFERENCES

- Aguilera, J. F., Bustos, M. & Molina, E. (1992). The degradability of legume seed meals in rumen effect of treatment. *Animal Feed Science*, 36, 101-112.
- AOAC. (2005). Official Methods of analysis of AOAC international. AOAC International. Maryland, USA.
- Bach, A., Stern, M. D., Merchen, N. R. & Drackley, J. K. (1998). Evaluation of selected mathematical approaches to the kinetics of protein degradation. *Journal of Animal Science*, 76, 2885-2893.
- Baldwin, D. R. & Ely, L. O. (1979). A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*, 49, 1085-1095.
- France, J., Thornley, J. H. M., Lopez, S., Siddons, R. C., Dhanoa, M. S., Van Soest, P. J. & Gill, M. (1990). On the two-compartment model for estimating extent of feed degradation in the rumen. *Journal of Theoretical Biology*, 146, 269-287.

6. Dhanoa, M. S., France, J., Siddons, R. C., Lopez, S. & Buchanan Smith, J. G. (1995). A non-linear compartmental model to describe for age degradation kinetics during incubation in polyester bags in the rumen. *British Journal of Nutrition*, 73, 3-15.
7. Fox, D. G., Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Russell, J. B. & Van Soest, P. J. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science*, 70, 3578-3596.
8. Fedorak, P. M. & Hurdy, D. E. (1983). A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Environmental Technology*, 4, 425-432.
9. Forbs, J. M. & France, J. (1996). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. CAB International. Wallingford. UK.
10. Lopez, S., France, J., Dhanoa, M. S., Mould, F. & Dijkstra, J. (1999). Comparison of mathematical models to describe disappearance curves obtained using the polyester bag technique for incubating feeds in the rumen. *Journal of Animal Science*, 77, 1875-1888.
11. McNiven, M. A., Weisbjerg, M. R. & Hvelplund, T. (1995). Influence of roasting or sodium hydroxide treatment of barley on digestion in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 78, 1106-1115.
12. Menke, K. H. & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
13. Mertens, D. R. & Ely, L. O. (1979). A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*, 49, 1085-1095.
14. Mertens, D. R. & Lofton, J. R. (1980). The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *Journal of Dairy Science*, 63, 1437-1446.
15. Ørskov, E. R. & McDonald, P. (1979). The estimation of protein digestibility in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92, 499-503.
16. Parniyan Khaje Dizaj, F. (2010). *Investigating the effects of microwave beam irradiation on digestibility and degradability of sorghum seeds in vivo, in vitro, in situ*. Mh.D. Sciences in Animal Sciences. Tabriz University of Technology. (in Farsi)
17. Razmazar, V., Tourbatinezhad, N. M., Seyfdavati, J. & Hasani, S. (2012). Investigation of chemical properties, rumen fermentation and digestibility of Common Vetch, Grass pea and Vicia ervilia in laboratory methods. *Journal of Animal Science Research*, 22(2), 107-119. (in Farsi)
18. Seyfdavati, J. (2012). *Determination of the nutritional value of some Iranian bean seeds in nutrition of ruminants using nylon and laboratory bags and their effect on the performance of fattening lambs*. Ph.D. thesis, Science in Animal Sciences. Tabriz University of Technology. (in Farsi)
19. Tabatabay, S. M. M., Arabi, A., Kafilzadeh, GH. & Kiyani, N. (2008). Determine the nutritional value of Common Vetch and Vicia ervilia in vivo. (in Farsi)
20. Tabatabay, S. M., Najafnezhad, P., Zamani, P., Ahmadi, A., Taghizadeh, A. & Arabi, A. (2011), Investigating the nutritional value of barley seeds and seeds of some raw and ground beans by in vivo and in vitro methods. *Journal of Animal Science Research*, 21(2), 12-22. (in Farsi)
21. Van Soest, P. J., Robertson, B. & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
22. Yazdi, K. & Seifdvati, J. (2005). *Determine the chemical composition, digestibility and energy of the metabolism of the vet in feeding sheep*. The first conference of forage plants in the country. Campus of Agriculture and Natural Resources. University of Tehran. (in Farsi)