

اثر خیساندن دانه جو با اسیدلاکتیک و سیتریک بر تخمیر پذیری و تجزیه پذیری شکمبه‌ای

• ایوب لکی^۱، مهدی دهقان بنادکی (نویسنده مسئول)^{۲*}، ابوالفضل زالی^۲، مهدی گنج خانلو^۲، کامران رضایزدی^۲

۱: دانشجوی دکتری تغذیه نشخوارکنندگان پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲: دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۶۰۸۳۱

Email: dehghanb@ut.ac.ir

چکیده

دو آزمایش به منظور بررسی تخمیرپذیری و تجزیه‌پذیری دانه جو خیسانده شده در محلول اسیدلاکتیک و سیتریک طراحی گردید. در آزمون تولید گاز از جو غلطک‌زده خشک، جو غلطک‌زده و خیسانده شده در آب و محلول ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد اسیدسیتریک به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد. مشخص شد که فرآوری دانه جو با ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک باعث کاهش حجم گاز تولیدی در ساعات اولیه تا ۶ ساعت پس از انکوباسیون گردید ($P < 0/05$). حجم گاز تولیدی در ساعات بعدی تحت تاثیر نوع فرآوری قرار نگرفت. همچنین نرخ تولید گاز در این دو تیمار به طور معنی‌داری پایین‌تر از دانه جو غلطک‌زده خشک و تیمار آب بود. در آزمایش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، ماده خشک چهار تیمار جو غلطک‌زده خشک، جو خیسانده شده در آب، خیسانده شده در محلول ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسید-سیتریک اندازه‌گیری شد. فرآوری دانه جو با اسیدلاکتیک و سیتریک تمایل به کاهش نرخ تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه جو داشت. همچنین تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک در تیمار اسیدسیتریک به طور معنی‌داری کمتر از دانه جو غلطک‌زده و تیمار آب بود ($P < 0/05$). میزان تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک در تیمار اسیدلاکتیک از نظر عددی نسبت به دانه جو غلطک‌زده و تیمار آب کمتر بود. در نهایت، خیساندن دانه جو با ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک می‌تواند به عنوان یک روش فرآوری مفید در نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار گیرد.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 109 pp: 109-120

Effect of steeping barley grain in lactic and citric acid on fermentation and ruminal Degradation

Ayuob Laki¹, Mehdi Dehghan- Banadaky^{2*}, Abolfazl Zali², Mehdi Ghanjkanlou², Kamran Reza-Yazdi²

¹ Ph.D student, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Tehran, Iran.

² Associate professor Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Tehran, Iran.

Corresponding author email: dehghanb@ut.ac.ir

Received: July 2013

Accepted: March 2014

Two experiments were conducted in order to investigate the effect of steeping barley grain in lactic acid (LA) and citric acid (CA) on fermentability and degradability. In gas test experiment, treatments including dry rolled barley grain (DR) steeped in either tap water alone (DRw) or, in 0.25, 0.5, 0.75 percent of LA, and 0.5, 1, 1.5 percent of CA solutions for 24 hour. Results indicated that treated barley grain with 0.75 % LA and 1 % of CA significantly ($P < 0.05$) decreased gas production until 6 h of incubation. Treatments had no significant effect on cumulative gas production after 6 h of incubation. In addition, gas production rate in LA0.75 and CA1 significantly were lower than that of DR and DRw. In the ruminal degradability experiment, dry matter degradation kinetics of four treatments including DR, DRw, DR steeped 0.75 % LA and 1 % CA solution measured. Treated barley grain in LA and CA in comparison to DR and DRw tended to decreased dry matter degradation rate. Effective degradation (ED) was significantly lower in CA-treated barley. In addition ED was numerically lower in LA as compared to DR and DRw treated -barley. In conclusion, steeping barley grain in 0.75 % LA and 1 % CA solution can be used as a useful barley processing technique in ruminant.

Key words: Barley grain, Lactic acid, Citric acid, In situ and Gas production

مقدمه

شکمه پیشنهاد شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به پلت کردن، برشته کردن، ورقه ورقه کردن با بخار و روش‌های شیمیایی مانند فرآوری با هیدروکسید سدیم، فرمالدئید، آمونیاک، اوره و آنزیم‌های فیبرولایتیک اشاره کرد (Dehghan-Banadaky و همکاران، ۲۰۰۷). Dehghan-Banadaky و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که فرآوری دانه جو با هیدروکسید سدیم باعث افزایش عبور نشاسته جو به روده باریک می‌گردد. مواد شیمیایی نامبرده برای انسان و حیوان سمی هستند و در بسیاری از کشورها استفاده از آن‌ها ممنوع شده است (Dehghan-Banadaky و همکاران، ۲۰۰۷).

اخیرا در مطالعات انسانی مشخص شد که اسیدهای آلی مانند پروپیونات سدیم و لاکتات کلسیم با تغییر دادن ساختار مولکول‌های نشاسته باعث مقاومت نشاسته در برابر هضم آمیلازی می‌شود (Liljeberg و همکاران، ۱۹۹۵). Ostman و همکاران (۲۰۰۲)

در مقایسه با دانه ذرت، دانه جو نرخ تجزیه پذیری بالاتری در شکمه دارد (Offner و همکاران، ۲۰۰۳). بیش از ۸۰ تا ۹۰ درصد جو در شکمه تجزیه می‌گردد. هنگام تغذیه، مقادیر زیاد دانه جو pH شکمه افت کرده و موجب بروز اسیدوز در گاو می‌گردد (Yang و همکاران، ۱۹۹۷؛ Emmanuel و همکاران، ۲۰۰۸). اسیدوز تحت بالینی موجب کاهش مصرف خوراک، بروز لنگش، کاهش تولید شیر و چربی شیر می‌شود (Nocek، ۱۹۹۷). دو راه جهت جلوگیری از اثرات منفی تغذیه مقادیر زیاد جو در جیره وجود دارد که شامل کاهش نرخ تجزیه پذیری نشاسته جو در شکمه و افزایش عبور نشاسته به روده باریک می‌باشد (Dehghan-Banadaky و همکاران، ۲۰۰۷). Reynolds و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که افزایش عبور نشاسته به روده باریک باعث بهبود عملکرد گاو می‌شود. در سال‌های اخیر، تعداد زیادی فرآوری به منظور تعدیل نرخ تجزیه پذیری نشاسته جو در

بود. ابتدا داخل دو لیتر آب مقدار مشخص اسیدلاکتیک یا سیتریک ریخته شده و این آب به دو کیلو جو غلطک زده اضافه شده و باهم مخلوط شدند، سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت داخل کیسه پلاستیکی نگهداری شدند. به منظور تعیین ماده خشک، نمونه‌ها در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه‌ها با آسیاب چکشی با توری ۲ میلی‌متری آسیاب شدند. یک نمونه از هر کدام از تیمارها جهت آنالیز آزمایشگاهی با آسیاب ۱ میلی‌متری آسیاب شد. پروتئین خام، چربی خام و خاکستر نمونه‌ها براساس روش AOAC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. دیواره سلولی با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت و سولفید سدیم و دیواره سلولی منهای همی سلولز براساس روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) تعیین گردیدند. کربوهیدرات غیر الیافی نمونه‌ها از طریق تفاضل محاسبه گردید.

آزمون تولید گاز

آزمون تولید گاز براساس روش پیشنهادی Menke و Steingass (۱۹۸۸) انجام گردید. بدین منظور، نمونه مایع شکمبه از چهار راس گاو هلشتاین فیستوله‌گذاری شده و تغذیه شده در حد نگهداری با جیره کاملا مخلوط با نسبت ۶۰ درصد مواد متراکم و ۴۰ درصد علوفه براساس توصیه NRC (۲۰۰۱) قبل از خوراک‌دهی صبح جمع‌آوری شد. جیره گاوها شامل ۲۰ درصد یونجه، ۲۰ درصد سیلاژ ذرت، ۳۵ منبع انرژی، ۲۰ درصد منبع پروتئینی و ۵ درصد افزودنی بود. مایع شکمبه پس از انتقال به آزمایشگاه با چهار لایه پارچه نازک کتان صاف گردید. جهت وارد کردن باکتری‌های متصل به ذرات خوراک به محیط انکوباسیون، مواد باقیمانده بر اساس روش پیشنهادی Stevnebo و همکاران (۲۰۰۹)، با ۰/۵ لیتر بافر احیا شده به مدت ۱ دقیقه با همزن مخلوط شد. سپس این مایع به مایع شکمبه مرحله قبل اضافه گردید. بزاق مصنوعی نیز در شرایط بی‌هوازی آماده شده و در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. مایع شکمبه به نسبت ۲ به ۱ با بافر Menke و Steingass (۱۹۸۸) مخلوط گردید. طبق مقاله Wang و همکاران (۲۰۰۸)، مقدار $0/2 \pm 350$ میلی‌گرم نمونه جو براساس ماده خشک توزین و داخل بطری‌های شیشه‌ای

و Liljeberg و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده کردند که افزودن اسیدسیتریک و اسیدلاکتیک به خمیر تهیه شده از آرد گندم و جو باعث کاهش نرخ هضم نشاسته در شرایط برون تنی و درون تنی گردید. یکی از مزیت‌های این اسیدها سمی نبودن آن‌ها برای انسان و دام می‌باشد. در مطالعات انجام شده روی گاوها در اواخر شیردهی مشخص شد که خیساندن دانه جو در محلول ۰/۵ درصد اسیدلاکتیک به مدت ۴۸ ساعت موجب کاهش نرخ تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو گردید. همچنین، pH شکمبه در طول ۲۴ ساعت، مدت زمان کمتری زیر ۵/۸ بود (Iqbal و همکاران، ۲۰۰۹). همین محققین مشاهده کردند که افزایش غلظت اسید-لاکتیک از ۰/۵ درصد به ۱ درصد باعث افزایش میزان و نرخ تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه جو شد. روش آزمون تولید گاز به طور گسترده‌ای برای بررسی اثر نوع فرآوری بر تجزیه‌پذیری دانه جو در نشخوارکنندگان استفاده می‌گردد (Depeters و همکاران، ۲۰۰۳؛ Chai و همکاران، ۲۰۰۴).

بنابراین هدف از مطالعه حاضر، بررسی امکان خیساندن دانه جو در محلول این اسیدها به مدت زمان ۲۴ ساعت بود. همچنین به دلیل مطالعات محدود در این زمینه، بررسی سطوح مختلف اسید-لاکتیک و یافتن سطح مناسب اسید نیز ضروری می‌باشد. با توجه به عدم بررسی اثر فرآوری دانه جو با اسیدسیتریک در نشخوارکنندگان نیاز است اثر این نوع اسید نیز مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

فرآوری دانه جو

ابتدا دانه جو واریته ایرانی (سهند) از یک الک جهت جدا کردن ذرات درشت و ناخالصی‌ها عبور داده شد. سپس دانه‌ها با یک آسیاب غلطکی، غلطک زده شدند. تیمارهای مورد استفاده در آزمایش تولید گاز شامل، جو غلطک زده خشک، جو غلطک زده و خیسانده شده در آب به مدت ۲۴ ساعت، جو غلطک زده و خیسانده شده در آب حاوی ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اسید-لاکتیک به مدت ۲۴ ساعت و جو غلطک زده و خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد اسیدسیتریک به مدت ۲۴ ساعت

خروجی از سطل شستشو شدند. به منظور تعیین تجزیه پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در محیط شکمبه همانند کیسه‌های خارج شده از شکمبه شسته شدند. سپس کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نرخ تجزیه‌پذیری با استفاده از مدل Orskov و McDonald (۱۹۷۹) تعیین گردید.

$$\text{Disappearance (\%)} = a + b(1 - e^{-ct})$$

در این مدل، a شامل بخش محلول (درصد کل)، b بخش دارای پتانسیل قابل تجزیه‌پذیری (درصد کل)، t زمان انکوباسیون (h) و c نرخ تجزیه‌پذیری بخش b می‌باشد. همچنین تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک با استفاده از مدل Orskov و McDonald (۱۹۷۹) طبق روش زیر تعیین گردید.

$$\text{Effective dry matter degradability (\%)} = a + b(c/c+k)$$

در این معادله k نرخ عبور شکمبه‌ای می‌باشد. a ، b و c در مدل بالا توضیح داده شد. تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک در نرخ عبور شکمبه‌ای ۸ درصد بیان شد (Orskov و McDonald، ۱۹۷۹).

آنالیز آماری

نتایج داده‌های کیسه‌های نایلونی با نرم افزار SAS، ۲۰۰۳ و با رویه GLM انجام شد. انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی و درصد ماده آلی قابل هضم جو با استفاده از معادلات ارائه شده توسط Menke و Steingass (۱۹۸۸) برای اقلام کنسانتره‌ای محاسبه گردید.

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 1.06 + 0.1570 \text{ GP} + 0.0084 \text{ CP} + 0.0220 \text{ CF} - 0.0081 \text{ CA} \quad (n = 200, r^2 = 0.94)$$

$$\text{NE}_L \text{ (MJ/kg DM)} = -0.36 + 0.1149 \text{ GP} + 0.0054 \text{ CP} + 0.0139 \text{ CF} - 0.0054 \text{ CA} \quad (n=200, r^2 = 0.93)$$

$$\text{DOM (\% DM)} = 9.00 + 0.9991 \text{ GP} + 0.0595 \text{ CP} + 0.0181 \text{ CA} \quad (n=200, r^2 = 0.92)$$

در این روابط GP گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) در ۲۴ ساعت، CP، CF و CA به ترتیب پروتئین

۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد. مقدار ۴۰ میلی‌لیتر مخلوط مایع شکمبه و بافر با استفاده از پمپ دیجیتالی به هر بطری اضافه گردید. بطری‌ها (برای هر تیمار ۵ تکرار) به داخل آون ۳۹ درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند. گاز تولیدی در بطری‌ها در هر نقطه زمانی از میانگین گاز تولیدی شاهدها (فاقد نمونه) هر مرحله کم گردید. انکوباسیون سه مرحله تکرار شد. حجم گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت طبق روش پیشنهادی Theodorou و همکاران (۱۹۹۴) اندازه‌گیری شد. در مرحله دوم پس از پایان ۴۸ ساعت انکوباسیون بطری‌ها به منظور توقف فعالیت میکروبی داخل آب یخ قرار داده شدند. سپس pH محتویات اندازه‌گیری شد.

۵ میلی‌لیتر از مایع انکوباسیون با اسید سولفوریک ۵۰ درصد به نسبت ۵۰ به ۱ مخلوط و برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار و آمونیاک استفاده شد. غلظت اسیدهای چرب فرار با دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل (Philips PU 4410) با روش (Erwin، ۱۹۶۱) اندازه‌گیری شد. غلظت آمونیاک طبق روش Weatherburn (۱۹۶۷) اندازه‌گیری شد.

تجزیه پذیری شکمبه‌ای

آزمایش تجزیه‌پذیری بر اساس روش استاندارد Vanzant و همکاران (۱۹۹۸) و با استفاده از کیسه‌های با جنس الیاف پلی‌استر با ابعاد ۲۰×۱۰ سانتی‌متر و با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر انجام شد. برای تعیین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک، مقدار ۵ گرم از نمونه‌های جو غلطک زده خشک، جو خیس‌انده شده در آب، جو خیس‌انده شده در آب حاوی ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و جو خیس‌انده شده در آب حاوی ۱ درصد اسیدسیتریک براساس ماده خشک در داخل کیسه‌های نایلونی ریخته شد. در این مطالعه از چهار راس گاو هلشتاین فیستوله‌گذاری شده و تغذیه شده مانند روش آزمون گاز استفاده شد.

کیسه‌ها (سه تکرار در هر زمان) بلافاصله قبل از خوراک‌دهی صبح وارد شکمبه شده و به مدت ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت در شکمبه حیوانات قرار گرفتند. کیسه‌ها پس از خارج شدن از شکمبه در آب سرد به مدت ۲۰ دقیقه و تا صاف شدن آب

NRC (۲۰۰۱) بود (۹۳ در مقابل ۹۱ درصد). چون یک کیلوگرم دانه جو غلطک زده خشک با یک لیتر آب خیسانده شد، ماده خشک نمونه‌های جو فرآوری شده تقریباً به نصف کاهش یافت. دامنه پروتئین خام نمونه‌های جو فرآوری شده بین ۱۲/۷۹ تا ۱۳/۸۱ درصد بود که بالاتر از مقادیر ذکر شده در NRC (۲۰۰۱) می‌باشد. میانگین درصد چربی خام، خاکستر، دیواره سلولی، دیواره سلولی منهای همی سلولز و کربوهیدرات‌های غیر الیافی جو به ترتیب ۱/۹۵، ۲/۵، ۲۱/۷۰، ۷ و ۵۸/۱۷ درصد می‌باشد. نتایج ترکیب مواد مغذی با نتایج مطالعات Ghorbani و Hadj-Hussaini (۲۰۰۲) مشابه بود.

با توجه به یکسان بودن جو مورد استفاده، ترکیب مواد مغذی تیمارها با هم تفاوت معنی‌دار نداشت. ترکیب مواد مغذی دانه جو مورد استفاده در این آزمایش با ارقام ذکر شده در NRC (۲۰۰۱) تفاوت دارد که از دلایل آن می‌توان به واریته و شرایط کشت اشاره کرد (Ghorbani و Hadj-Hussaini، ۲۰۰۲).

خام، چربی خام و خاکستر (درصد ماده خشک) می‌باشند.

اثر تیمارهای تولید گاز بارویه GLM با مدل:

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

مورد تجزیه آماری قرار گرفت که در آن GP حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای یک گرم ماده خشک)، μ میانگین کل، اثر تیمار، e_{ij} خطای آزمایشی می‌باشد. تفاوت بین میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت. تمایل معنی‌داری اختلاف بین تیمارها بین ۰/۰۵ و ۰/۱۰ بیان شد. ضرایب تولید گاز توسط معادله $Y = A(1 - e^{-ct})$ برآورد شد؛ در این معادله $Y =$ حجم گاز تولید شده در زمان t ، $A =$ تولید گاز بخش محلول و نا محلول (میلی‌گرم در ماده خشک)، $C =$ نرخ ثابت تولید گاز و $t =$ زمان انکوباسیون می‌باشد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی مواد مغذی

ترکیب شیمیایی جو فرآوری شده بر حسب درصد ماده خشک در جدول ۱ آمده است. ماده خشک دانه جو غلطک‌زده خشک مورد استفاده در این آزمایش بیشتر از ارقام ذکر شده در

جدول ۱- ترکیب مواد مغذی جو فرآوری شده (بر حسب ۱۰۰ درصد ماده خشک)

جو فرآوری شده ^۱	ماده خشک	پروتئین خام	چربی خام	خاکستر	دیواره سلولی	دیواره سلولی منهای همی سلولز	کربوهیدرات‌های غیر الیافی ^۲
جو غلطک‌زده	۹۳/۰۵	۱۲/۸۷	۲/۱۰	۲/۶۹	۲۵/۲۰	۷/۶۵	۵۷/۲۱
جو خیسانده شده در آب	۴۶/۷۴	۱۳/۴۰	۲/۳۰	۲/۵۶	۲۴/۱۳	۶/۶۳	۵۷/۶۱
اسید لاکتیک ۰/۲۵٪	۴۷/۴۴	۱۳/۲۲	۲/۱۰	۲/۱۵	۲۳/۲۵	۶/۵۰	۵۹/۰۳
اسید لاکتیک ۰/۰۵٪	۴۶/۸۲	۱۳/۱۳	۱/۸۰	۲/۴۶	۲۳/۰۰	۶/۴۲	۵۹/۶۱
اسید لاکتیک ۰/۷۵٪	۴۷/۰۶	۱۳/۸۱	۱/۶۰	۲/۶۲	۲۴/۱۲	۷/۲۵	۵۷/۸۵
اسید سیتریک ۰/۰۵٪	۴۶/۹۲	۱۲/۹۹	۲/۲۰	۲/۴۰	۲۴/۶۵	۶/۷۰	۵۷/۷۶
اسید سیتریک ۱٪	۴۷/۳۸	۱۳/۱۶	۱/۴۰	۲/۴۰	۲۵/۶۵	۸/۱۲	۵۷/۳۹
اسید سیتریک ۱/۱۵٪	۴۷/۳۱	۱۲/۷۹	۲/۰۰	۲/۷۲	۲۳/۵۶	۷/۴۵	۵۸/۹۳
SEM	۱۶/۲۵	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۹۳	۰/۶۲	۰/۸۸

^۱ تیمارها به ترتیب شامل: جو غلطک‌زده خشک، جو خیسانده شده در آب، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۲۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۷۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵ درصد اسید سیتریک، جو خیسانده شده در آب حاوی یک درصد اسید سیتریک و جو خیسانده شده در آب حاوی ۱/۵ درصد اسید سیتریک به مدت ۲۴ ساعت بود.

$$NFC = 100 - (CP + EE + NDF + Ash)^t$$

آزمون تولید گاز

حجم گاز تولیدی در ساعات اولیه تا ۶ ساعت پس از انکوباسیون در تیمارهای ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها و تیمار دانه جو غلطک زده خشک به عنوان تیمار شاهد بود ($P < 0/05$). اما از نظر حجم گاز تولیدی بین ۱۰ تا ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون، تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد. در مطالعه DePeters و همکاران (۲۰۰۳) نیز مشاهده شد که ورقه ورقه کردن دانه ذرت با بخار در مقایسه با دانه ذرت، حجم گاز بیشتری تا ۸ ساعت بعد از انکوباسیون تولید کرد و نوع فرآوری اثری معنی داری روی گاز تولیدی بین ۸ تا ۲۴ ساعت نداشت. Chai و همکاران (۲۰۰۴) و Stevnebo و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که بیش از ۸۰ درصد از نشاسته جو ۶ ساعت پس از انکوباسیون ناپدید شد. یکی از علت های تفاوت در حجم گاز تولیدی در ساعات اولیه پس از انکوباسیون می تواند به دلیل نرخ هضم پایین تر نشاسته دانه جو در تیمار ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک باشد. Chai و همکاران (۲۰۰۴) مشاهده کردند که ارتباط نزدیکی بین حجم گاز تولیدی و تجزیه پذیری نشاسته دانه جو وجود دارد ($r^2 = 0/98$). درصد افزایش گاز تولیدی بین ۶ ساعت تا ۲۴ ساعت در تیمار ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک به ترتیب حدود ۱۰۵ و ۱۱۳ درصد در مقابل ۹۷ درصد در تیمار جو غلطک زده خشک بود. گزارش شده است که خیساندن دانه جو غلطک زده خشک با اسیدلاکتیک باعث افزایش ۱۸ درصدی نشاسته مقاوم به هضم شد که این نشاسته با نرخ کمتری هضم می شود (Iqbal و همکاران، ۲۰۰۹). نشاسته مقاوم به هضم، بخشی از نشاسته است که به آرامی تجزیه شده و بخش عمده آن وارد روده باریک می شود. فرآوری دانه جو با اسیدلاکتیک و سیتریک از طریق تشکیل پیوندهای پروتئین و کربوهیدرات (واکنش میلارد)، تشکیل پیوندهای هیدروژنی در ساختار نشاسته، تغییر ساختار مولکولی گرانول های نشاسته، خطی کردن پیوندهای شاخه دار در ساختار آمیلوپکتین و کاهش دسترسی آنزیم آمیلاز به گرانول های نشاسته، باعث افزایش نشاسته مقاوم به هضم می شود (Ostman و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به درصد افزایش حجم گاز بین ۶ تا ۲۴ ساعت

پس از انکوباسیون در تیمار ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسید سیتریک می توان نتیجه گرفت که نشاسته مقاوم به هضم در این دو تیمار در این ساعات تخمیر شده است. در حالی که در تیمار جو غلطک زده خشک و تیمار آب، نشاسته در ساعات اولیه تخمیر شده است. Iqbal و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که خیساندن دانه جو با اسیدلاکتیک باعث کاهش هشت درصدی بخش نشاسته سریع تجزیه شونده شد. یکی دیگر از دلایل کاهش حجم گاز تولیدی در ساعات اولیه پس از انکوباسیون در تیمار ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد کاهش سهم نشاسته سریع تجزیه شونده می باشد. در گاوهای شیری تا ۸ ساعت پس از مصرف خوراک حاوی غلات بالا، pH شکمبه به کمترین مقدار خود می رسد (Emmanuel و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به کاهش حجم گاز تولیدی در ساعات اولیه و کاهش نرخ تولید گاز در تیمار ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک می توان نتیجه گیری کرد که این دو تیمار با کاهش مقدار و نرخ تجزیه پذیری نشاسته جو در ساعات اولیه پس از مصرف خوراک احتمالا می توانند باعث جلوگیری از افت شدید pH شکمبه گردند.

نرخ تولید گاز در تیمار ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک نسبت به تیمار دانه جو غلطک زده خشک به طور معنی داری ($P < 0/05$) پایین تر بود (جدول ۲). نتایج آزمایش تولید گاز با آزمایش تجزیه پذیری شکمبه ای مطابقت دارد (جدول ۵). تیمار اسیدلاکتیک و اسیدسیتریک تمایل به کاهش نرخ تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو در شکمبه داشتند. همچنین قابلیت هضم موثر ماده خشک در تیمار اسیدسیتریک به طور معنی داری کمتر از تیمار جو غلطک زده و تیمار آب بود. علاوه بر این، قابلیت هضم موثر ماده خشک تیمار اسیدلاکتیک از نظر عددی کمتر از دو تیمار شاهد بود. نرخ تولید گاز نشان دهنده سرعت تخمیر کربوهیدرات ها در نمونه های مواد خوراکی می باشد. میزان حجم گاز تولیدی از بخش محلول و نامحلول (بخش b) به ازای هر گرم ماده خشک بین تیمارها تفاوت معنی داری وجود نداشت.

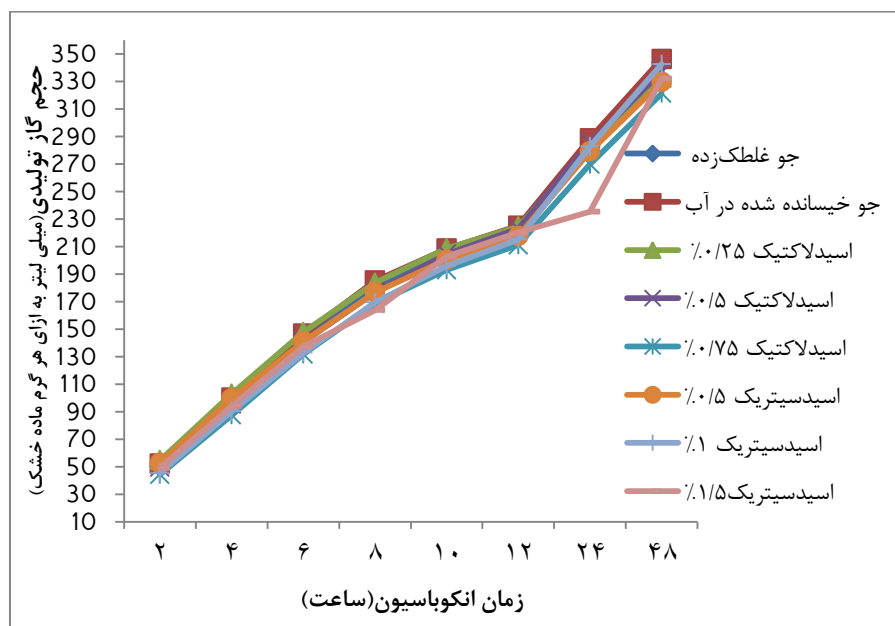
جدول ۲- حجم گاز تولیدی جو فرآوری شده با اسیدلاکتیک و سیتریک (میلی گرم گاز به ازای هر گرم ماده خشک)

ساعت انکوباسیون										تیمار ^۱
c	b ^۲	۴۸	۲۴	۱۲	۱۰	۸	۶	۴	۲	
۹/۰ ^{ab}	۳۴۰/۶	۳۴۳/۴	۲۸۵/۷	۲۲۴/۲	۲۰۶/۸ ^{ab}	۱۸۱/۵ ^{ab}	۱۴۵/۳ ^{ab}	۹۸/۳ ^{ab}	۵۰/۲ ^{ab}	جو غلطک زده
۹/۱ ^{ab}	۳۴۲/۳	۳۴۶/۲	۲۸۸/۶	۲۲۵/۱	۲۰۸/۵ ^{ab}	۱۸۵/۲ ^{ab}	۱۴۶/۶ ^{ab}	۱۰۰/۲ ^{ab}	۵۲/۳ ^{ab}	جو خیسانده شده در آب
۹/۸ ^a	۳۲۸/۷	۳۳۲/۷	۲۸۱/۸	۲۲۴/۵	۲۰۸/۷ ^a	۱۸۳/۷ ^a	۱۴۷/۹ ^a	۱۰۳/۰ ^a	۵۴/۸ ^a	اسیدلاکتیک ۰/۲۵٪
۹/۰ ^{ab}	۳۳۹/۴	۳۳۷/۲	۲۸۵/۴	۲۲۳/۰	۲۰۴/۵ ^{ab}	۱۷۶/۹ ^{abc}	۱۴۰/۸ ^{abc}	۹۵/۵ ^{abc}	۴۹/۸ ^{abc}	اسیدلاکتیک ۰/۵٪
۸/۴ ^c	۳۲۱/۱	۳۲۱/۲	۲۶۹/۷	۲۱۱/۲	۱۹۳/۰ ^b	۱۶۸/۶ ^{bc}	۱۳۱/۹ ^d	۸۷/۶ ^c	۴۴/۴ ^c	اسیدلاکتیک ۰/۷۵٪
۹/۴ ^{ab}	۳۲۸/۲	۳۲۹/۶	۲۷۹/۲	۲۱۷/۷	۲۰۰/۵ ^{ab}	۱۷۶/۹ ^{abc}	۱۴۱/۱ ^{abc}	۹۹/۸ ^{ab}	۵۲/۸ ^{ab}	اسیدسیتریک ۰/۵٪
۸/۱ ^c	۳۴۴/۱	۳۴۲/۵	۲۸۲/۸	۲۱۵/۲	۱۹۵/۹ ^{ab}	۱۶۹/۵ ^{bc}	۱۳۲/۹ ^{dc}	۹۰/۴ ^c	۴۵/۶ ^c	اسیدسیتریک ۰/۱٪
۹/۱ ^{ab}	۳۱۵/۹	۳۳۲/۰	۲۳۵/۳	۲۲۰/۲	۲۰۲/۸ ^{ab}	۱۶۳/۹ ^c	۱۳۷/۵ ^{bdc}	۹۴/۲ ^{abc}	۴۹/۳ ^{abc}	اسیدسیتریک ۰/۱۵٪
۰/۰۰۲	۱۰/۷	۹/۴	۱۰/۴	۳/۷	۳/۸	۳/۶	۲/۴	۲/۷	۱/۶	SEM
۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۶۲	۰/۵۳	۰/۶۹	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	P-value

^۱ تیمارها به ترتیب شامل: جو غلطک زده خشک، جو خیسانده شده در آب، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۲۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۷۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵ درصد اسید سیتریک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۱ درصد اسید سیتریک و جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۱۵ درصد اسید سیتریک به مدت ۲۴ ساعت بود.

^۲ b و c حجم گاز تولیدی از بخش محلول و نامحلول و ^۳ نرخ تولید گاز.

* اعداد هر ردیف که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی دار ندارند (P>۰/۰۵).



شکل ۱- منحنی میزان گاز تولیدی جوهای فرآوری شده در ساعت‌های مختلف انکوباسیون

که با مطالعه عبدی قزلجه و صفری (۱۳۹۳) مطابقت داشت. نوع فرآوری دانه جو اثر معنی داری روی این فراسنجه‌ها نداشت.

میانگین درصد ماده آلی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم، غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و انرژی خالص شیردهی دانه جو فرآوری شده در این آزمایش به ترتیب ۶۵، ۱۰، ۱/۱ و ۵/۵ بود،

جدول ۳- فراسنجه‌های برآورد شده برای دانه‌های جو فرآوری شده

تیمار ^۱	درصد ماده آلی قابل هضم ^۲	انرژی قابل متابولیسم ^۳	اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ^۴	انرژی خالص شیردهی ^۵
جو غلطک زده	۶۱/۲۵	۱۰/۴۷	۱/۱۴	۱/۵۳
جو خیسانده شده در آب	۵۷/۵۹	۱۰/۲۵	۱/۰۶	۱/۴۶
اسیدلاکتیک ۰/۲۵٪	۶۱/۳۰	۱۰/۵۵	۱/۱۴	۱/۵۵
اسیدلاکتیک ۰/۵٪	۵۸/۹۵	۱۰/۰۸	۱/۰۸	۱/۳۷
اسیدلاکتیک ۰/۷۵٪	۵۸/۵۷	۱۰/۰۱	۱/۰۸	۱/۳۲
اسیدسیتریک ۰/۵٪	۵۶/۲۶	۹/۷۴	۱/۰۳	۱/۰۷
اسیدسیتریک ۱٪	۵۸/۹۶	۱۰/۰۰	۱/۰۸	۱/۳۷
اسیدسیتریک ۱/۵٪	۵۹/۷۱	۱۰/۱۹	۱/۱۰	۱/۴۶
SEM	۲/۳۷	۰/۳۷	۰/۰۵	۰/۲۷
P-value	۰/۳۱	۰/۷۲	۰/۸۳	۰/۶۵

۱ تیمارها به ترتیب شامل: جو غلطک زده خشک، جو خیسانده شده در آب، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۲۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۷۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵ درصد اسید سیتریک، جو خیسانده شده در آب حاوی یک درصد اسید سیتریک و جو خیسانده شده در آب حاوی ۱/۵ درصد اسید سیتریک به مدت ۲۴ ساعت بود. ^۲ برحسب درصد، ^۳ برحسب مگاژول در کیلوگرم ماده خشک، ^۴ برحسب میلی مول، ^۵ برحسب مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک.

که با نتایج مطالعه (DePeters و همکاران، ۲۰۰۳) همخوانی دارد.

در این مطالعه pH محتویات درون بطری‌ها، غلظت کل اسیدهای چرب فرار تولیدی و نسبت آن‌ها و همچنین غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع انکوباسیون تحت تاثیر نوع فرآوری قرار نگرفت

جدول ۴- اسیدهای چرب فرار (میلی مول در لیتر) و نسبت آن‌ها (مول در ۱۰۰ مول) و نیتروژن آمونیاکی جو فرآوری شده با اسیدهای آلی

نیتروژن آمونیاکی ^۲	کتوزنیک به گلوکز نیک	الرات	ایزووالرات	بوتیرات	نسبت استات به پروپیونات	پروپیونات	استات	کل	pH	تیمار ^۱
۲۱/۴۲	۴/۹۱	۰/۵۶	۰/۹۵	۱۴/۷۲	۴/۰۲	۱۶/۶۸	۶۷/۰۸	۵۰/۱۹	۶/۶۴	جو غلطک زده
۲۱/۴۹	۵/۱۷	۰/۴۹	۰/۹۲	۱۵/۰۱	۴/۲۳	۱۵/۹۸	۶۷/۶۸	۵۲/۵۱	۶/۶۲	جو خیسانده شده در آب
۲۱/۹۳	۴/۸۲	۰/۵۴	۱/۰۳	۱۵/۳۱	۳/۹۲	۱۶/۹۰	۶۶/۲۲	۴۱/۰۵	۶/۶۲	اسیدلاکتیک ۰/۲۵٪
۲۱/۸۹	۵/۲۳	۰/۵۴	۱/۲۷	۱۳/۶۶	۴/۳۶	۱۵/۷۹	۶۸/۸۴	۳۲/۹۸	۶/۵۸	اسیدلاکتیک ۰/۵٪
۲۱/۲۱	۴/۴۵	۰/۵۶	۱/۲۲	۱۳/۷۵	۳/۶۷	۱۷/۵۹	۶۴/۶۷	۴۵/۴۵	۶/۶۲	اسیدلاکتیک ۰/۷۵٪
۲۱/۱۲	۴/۷۳	۰/۶۳	۱/۰۹	۱۵/۰۴	۳/۸۶	۱۷/۱۸	۶۶/۳۲	۵۴/۹۰	۶/۵۸	اسیدسیتریک ۰/۵٪
۲۱/۳۶	۴/۶۲	۰/۶۲	۰/۸۵	۱۵/۲۵	۳/۷۵	۱۷/۵۴	۶۵/۷۴	۴۶/۲۰	۶/۵۸	اسیدسیتریک ۱٪
۱۹/۵۶	۴/۸۸	۰/۴۸	۱/۵۳	۱۳/۷۸	۴/۰۴	۱۶/۶۷	۶۴/۸۸	۳۳/۷۸	۶/۶۲	اسیدسیتریک ۱/۵٪
۱/۰۴	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۸۸	۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۵۱	۹/۵۲	۰/۰۴	SEM
۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۷۴	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۵۳	۰/۲۵	۰/۸۳	P-value

۱ تیمارها به ترتیب شامل: جو غلطک زده خشک، جو خیسانده شده در آب، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۲۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۷۵ درصد اسید لاکتیک، جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۵ درصد اسید سیتریک، جو خیسانده شده در آب حاوی یک درصد اسید سیتریک و جو خیسانده شده در آب حاوی ۱/۵ درصد اسید سیتریک به مدت ۲۴ ساعت بود.
 ۲ برحسب میلی گرم در ۴۰ میلی لیتر.

تجزیه پذیری در شکمبه

کاهش (جدول ۵) بخش C یا نرخ تجزیه پذیری بخش b نسبت به جو غلطک زده خشک و یا جو خیسانده شده در آب داشت (۱۸/۰ و ۱۷/۳ درصد در مقابل ۲۲/۵ و ۲۰/۱ درصد در ساعت به ترتیب در تیمار اسیدلاکتیک، سیتریک، جو غلطک زده و آب). Iqbal و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که خیساندن دانه جو در محلول ۰/۵ درصد اسیدلاکتیک، تمایل به کاهش نرخ تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو داشت. آن‌ها مشاهده کردند که افزایش غلظت اسیدلاکتیک به ۱ درصد موجب افزایش نرخ تجزیه پذیری ماده خشک جو گردید. با افزایش مقدار تخمیر نشاسته در شکمبه مقدار اسیدهای چرب فرار بیشتری در شکمبه تولید می‌گردد که این عامل باعث بروز مشکلات گوارشی مانند

بخش محلول ماده خشک نمونه‌های جو بین ۴۳ تا ۴۸ درصد بود که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مقدار بخش محلول (a) در این مطالعه مطابق با نتایج مطالعه Ghorbani و Hadj-Hussaini (۲۰۰۲) که تجزیه‌پذیری ماده خشک نه وارسته جو ایرانی را مطالعه کردند، بود. Iqbal و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که فرآوری دانه جو با ۰/۵ و ۱ درصد اسیدلاکتیک در مقایسه با خیساندن در آب اثر معنی‌داری روی بخش محلول نداشت. دامنه بخش (b) ماده خشک جوهای فرآوری شده بین ۴۳ تا ۴۵ درصد بود که با مشاهدات Ghorbani و Hadj-Hussaini (۲۰۰۲) مشابه بود. طبق نتایج این مطالعه، فرآوری دانه جو با اسیدلاکتیک و سیتریک تمایل به

تجزیه پذیری موثر ماده خشک تیمار اسیدسیتریک به طور معنی-داری ($P < 0/05$) کمتر از دو تیمار جو غلطک زده و تیمار آب بود. در حالی که تیمار اسیدلاکتیک در مقایسه با دو تیمار جو غلطک زده و تیمار آب، تمایل به کاهش داشت. این نتیجه با مشاهدات Iqbal و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. با کاهش تجزیه پذیری موثر ماده خشک جو امکان عبور نشاسته به روده باریک افزایش یافته و موجب بهبود بازده گاو می گردد (Reynolds و همکاران، ۲۰۰۱).

اسیدوز تحت بالینی می شود (Yang و همکاران، ۱۹۹۷). Givens و همکاران (۱۹۹۳) پیشنهاد کردند که روش فرآوری دانه های جو که نرخ تجزیه پذیری پایین تری دارند، در تغذیه نشخوارکنندگان مناسب تر می باشند. با کاهش نرخ تجزیه پذیری مقدار عبور نشاسته به روده باریک بیشتر خواهد شد (Reynolds و همکاران، ۲۰۰۱). Owens و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند که هضم نشاسته در روده باریک ۴۲ درصد انرژی بیشتری برای دام در مقایسه با هضم نشاسته در شکمبه فراهم می کند. مقدار

جدول ۵- خصوصیات تجزیه پذیری شکمبه ای ماده خشک جو فرآوری شده

P-value	SEM	اسید سیتریک	اسید لاکتیک	جو خیسانده شده با آب	جو غلتک زده خشک	صفات اندازه گیری شده
۰/۷۵	۱/۹۹	۴۸/۱۰	۴۴/۶۷	۴۴/۹۵	۴۳/۲۵	بخش سریع تجزیه شونده، % ماده خشک
۰/۸۲	۱/۳۵	۴۱/۸۳	۴۳/۱۶	۴۵/۰۵	۴۳/۸۰	بخش بالقوه قابل تجزیه، % ماده خشک
۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۷۳	۰/۱۸۰	۰/۲۰۱	۰/۲۲۵	نرخ تجزیه پذیری بخش b، % در ساعت
۰/۰۴	۰/۵۱	۷۱/۳۶ ^b	۷۲/۱۰ ^{ab}	۷۳/۳۰ ^a	۷۳/۱۶ ^a	تجزیه پذیری موثر، %ERD

*اعداد هر ردیف که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی دار ندارند ($P > 0/05$).

نتیجه گیری

کاهش داشت. همچنین تجزیه پذیری موثر شکمبه ای ماده خشک جو در تیمار اسیدسیتریک نسبت به دانه جو غلطک زده و تیمار جو خیسانده شده در آب به طور معنی داری پایین تر بود. همچنین قابلیت هضم موثر شکمبه ای ماده خشک تیمار اسیدلاکتیک تمایل به کاهش داشت.

طبق نتایج این آزمایش، نرخ تولید گاز در تیمار جو خیسانده شده در آب حاوی ۰/۷۵ درصد اسیدلاکتیک و ۱ درصد اسیدسیتریک در مقایسه با جو غلطک زده خشک و جو خیسانده شده در آب پایین تر بود. همچنین حجم گاز تولیدی در این دو تیمار تا ۶ ساعت پس از انکوباسیون به طور معنی داری کمتر از جو غلطک زده خشک و تیمار آب بود. درصد ماده آلی قابل هضم، انرژی خالص شیردهی و غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و نسبت آن ها تحت تاثیر نوع فرآوری جو قرار نگرفت. نرخ تجزیه پذیری شکمبه ای جو خیسانده شده در اسیدلاکتیک و سیتریک نسبت به جو غلطک زده خشک و جو خیسانده شده در آب تمایل به

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت علمی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و کارکنان آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی گروه علوم دامی کمال تشکر و قدردانی را دارد.

منابع

- Givens, D.I., Clark, P., Jacklin, D., Moss, A.R. and Savery, C.R. (1993). *Nutritional aspects of cereal grain by-products and cereal straw for ruminants*. HGCA Research Review No. 24, Home-Grown Cereals Authority, Hamlyn House, Highgate Hill, London, UK, pp. 1-180.
- Iqbal, S., Zebeli, Q., Mazzolari, A., Bertoni, G., Dunn, S. M., Yang, W. Z. and Ametaj, B. N. (2009). Feeding barley grain steeped in lactic acid modulates rumen fermentation patterns and increases milk fat content in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92:6023-6032.
- Liljeberg, H. G. M., Lonner, C. H. and Bjorck, I. M. E. (1995). Sourdough fermentation or addition of organic acids or corresponding salts to bread improves nutritional properties of starch in healthy humans. *Journal of Nutrition*. 125:1503-1511.
- Menke, K.H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*. 28: 7-55.
- National research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Nocek, J. E. (1997). Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science*. 80:1005-1028.
- Offner, A., Bach, A. and Sauvant, D. (2003). Quantitative review of *in situ* starch degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*. 106: 81-93.
- Orskov, E. R. and McDonald, J. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements
- عبدی قزله، ع. و صفری، ر. (۱۳۹۳). مقایسه ارزش غذایی ارقام جو بومی و اصلاح شده با استفاده از روش تولید گاز. نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان. شماره ۱. صص. ۱۱۱-۱۲۵.
- AOAC (2002). *Official Methods of Analysis*. Vol. 1. 17th ed., rev. 1. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Chai, W.Z., Van Gelder, A.H. and Cone, J.W. (2004). Relationship between gas production and starch degradation in feed samples. *Animal Feed Science and Technology*. 114: 195-204.
- Dehghan-Banadaky, M., Corbett, R. and Oba, M. (2007). Effects of barley grain processing on productivity of cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 137:1-24.
- Depeters, E.J., Getachew, G., Fadel, J.G., Zinn, R.A., Taylor, S.J., Pareas, J.W., Hinders, R.G. and Aseltine, M.S. (2003). In vitro gas production as a method to compare fermentation characteristics of steam flaked corn. *Animal Feed Science and Technology*. 105: 109-122.
- Emmanuel, D. G. V., Dunn, S. M. and Ametaj, B. N. (2008). Feeding high proportions of barley grain stimulates an inflammatory response in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91:606-614.
- Erwin, E.S., Marco, G.J. and Emery, E.M. (1961). Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*. 44: 1768-1771.
- Ghorbani, G.R. and Hadj-Hussaini, A. (2002). *In situ* degradability of Iranian barley grain cultivars. *Small Ruminant Research*. 44: 207-212.

- using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48: 185–197.
- Vanzant, E.S., Cochran, R.C. and Titgemeyer, E.C. (1998). Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*. 76: 2717–2729.
- 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.
- Wang, Y., Xu, Z., Bach, S.J. and McAllister, T.A. (2008). Effects of phlorotannins from *Ascophyllum nodosum* (brown seaweed) on in vitro ruminal digestion of mixed forage or barley grain. *Animal Feed Science and Technology*. 145: 375–395.
- Weatherburn, M.W. (1967). Phenol-hypochlorite reaction for the determination of ammonia. *Analytical Chemistry*. 39: 971–974
- Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., Koenig, K. and Rode, L. M. (1997). Effects of barley, hullless barley, and corn in concentrates on site and extent of digestion by lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 80:2885–2895.
- weighed according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*. 92: 499.
- Owens, F.N., Zinn, R.A. and Kim, Y.K. (1986). Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*. 63: 1634–1648.
- Ostman, E. M., Nilsson, M., Lilberg, H. G. M., Molin, G. and Bjorck, I. M.E. (2002). On the effect of lactic acid on blood glucose and insulin responses to cereal products: Mechanistic studies in healthy subjects and in vitro. *Journal of Cereal Science*. 36:339–346.
- Reynolds, C.K., Cammel, S.B., Humphries, D.J., Beever, D.E., Sutton, J.D. and Newbold, J.R. (2001). Effects of post-rumen starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. *Journal of dairy science*. 84: 2250–2259.
- SAS Institute. (2003). SAS user guide: statistics. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Stevenson, A., Seppala, A., Harstad, O.M. and Huhtanen, P. (2009). Ruminal starch digestion characteristics in vitro of barley cultivars with varying amylose content. *Animal Feed Science and Technology*. 148:167–182.
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J.A. (1994). A simple gas production method