علوم دامی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۲۶۱-۲۴۷)

اثر نوع فرایند حرارتی بر ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری و تخمیرپذیری برون‌تنی پسماندهای لپه‌پاک‌کنی

فاطمه شمعی[۱]، رسول پیر محمدی[۲] و حامد خلیل وندی بهروزیار[۳]*
۱، ۲ و ۳. کارشناس ارشد تغذیهٔ دام، دانشیار و استادیار، دانشگاه ارومیه
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۶/۱۱)

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی اثر روش‌های مختلف فراوری‌های حرارتی شامل اتوکلاو، تفت‌دادن، پولکی‌کردن با بخار و ریزموج، بر ترکیب شیمیایی، غلظت مواد ضد مغذی (تانن و ترکیبات فنولیک)، تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک و پروتئین خام انجام گرفت. در این آزمایش از سه رأس گاو نر بالغ فیستوله‌گذاری‌شدهٔ نژاد هلشتاین (طرح بلوک کامل تصادفی) و میزان گاز تولیدی در شرایط آزمایشگاهی (طرح کاملاً تصادفی، با پنج تیمار، سه دورهٔ مجزا و سه تکرار به ازای هر تیمار در هر دوره) و پسماندهای کارخانه‌های لپه‌پاک‌کنی استفاده شد. غلظت مادهٔ خشک، پروتئین خام (درصد مادهٔ خشک)، خاکستر (درصد مادهٔ خشک)، مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر مادهٔ خشک (گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک) و پروتئین خام (گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین خام) در نرخ عبور ۰/۰۲، غلظت مادهٔ آلی قابل‌هضم (گرم بر ۱۰۰ گرم مادهٔ آلی) و تولید پروتئین میکروبی (گرم به ازای هر کیلوگرم مادهٔ آلی قابل‌هضم) در پسماند فراوری‌نشده به ترتیب برابر ۸۹/۲، ۲۶/۱، ۲/۲۶، ۶۵، ۷۹/۵، ۵۲ و ۶۲/۷۱ بود. فراوری‌های حرارتی در مقایسه با گروه شاهد به‌صورت معناداری (P< ۰/۰۵) با کاهش بخش محلول پروتئین، به کاهش پروتئین قابل‌تجزیهٔ سریع در شکمبه، کاهش سنتز پروتئین میکروبی و در مقابل افزایش عبور پروتئین تجزیه‌نشده به رودهٔ باریک انجامید. بیشترین کاهش در غلظت تانن و ترکیبات فنولیک، به فراوری با امواج ریزموج مربوط بود و کمترین غلظت پروتئین قابل‌تجزیهٔ مؤثر در شکمبه، به گروه فراوری‌شده با اتوکلاو متعلق بود. تفت‌دادن سبب بیشترین کاهش در پروتئین قابل‌تجزیهٔ سریع در شکمبه شد، ولی بر مادهٔ آلی قابل‌هضم و مقدار انرژی قابل متابولیسم تأثیر نامطلوبی نداشت؛ بنابراین با توجه به نتایج، در دسترس‌بودن فرایندها و هزینهٔ فراوری، تفت‌دادن به‌عنوان فراوری مناسب به‌منظور کاهش پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه توصیه می‌شود. اجرای آزمایش‌های تکمیلی در شرایط درون‌تنی به‌منظور بررسی بیشتر بازده فراوری و ارزش اقتصادی پسماندهای لپه‌پاک‌کنی در تغذیهٔ نشخوارکنندگان ضروری است.

واژه‌های کلیدی: پولکی‌کردن با بخار، تانن، تجزیه‌پذیری، ریزموج.

مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین مشکلات بشر در دهه‌های گذشته، افزایش روزافزون جمعیت جهان بوده که همزمان با آن تلاش‌های گسترده‌ای برای تأمین نیازهای روزافزون به مواد غذایی سالم با ارزش غذایی زیاد انجام گرفته است (FAO, 2013). برای تأمین نیاز جوامع بشری به

* تلفن: ۰۹۱۴۴۱۰۶۴۸۴
E-mail: Hamed.khalilvandi@gmail.com, H.khalilvandi@urmia.ac.ir

مصرف پروتئین حیوانی، تولید محصولات دامی بیشتر شده است که این امر به افزایش مصرف غلات و مکمل‌های پروتئینی برای تأمین نیازهای انرژی و پروتئین دام و درنتیجه افزایش رقابت میان انسان و دام در مصرف غلات و افزایش هزینهٔ تولید محصولات دامی انجامیده است (Givens, 2000). در این میان، فعالیت‌های معمول کشاورزی و صنایع تبدیلی مرتبط با آن، به تولید انواع پسماندهای حاوی مقادیر قابل‌توجهی از مواد مغذی منجر می‌شوند که کاربرد آن‌ها در جیره‌های غذایی دام‌های مزرعه‌ای، می‌تواند علاوه بر کاهش قیمت تمام‌شدهٔ فراورده‌های دامی، در رفع مشکلات زیست‌محیطی ناشی از دفع پسماندهای کشاورزی ایفا نقش مهمی کند. پسماندهای لپه پاک‌کنی[1] یکی از فراورده‌های فرعی کارخانه‌های صنایع تبدیلی کشاورزی است که طی فرایند تبدیل دانهٔ نخود سیاه به لپه به دست می‌آید. بر اساس آمار، تولید لپه در ایران بیش از ۳۰۰ هزار تن در سال است (FAO, 2013) که فرایند تولید لپه از نخود داخلی و وارداتی، سالانه دست‌کم ۷۵۰۰ تن پسماند قابل کاربرد ایجاد می‌کند (Abdi Gezeljeh, 2008). گزارش‌های منتشرشده نشان‌دهندهٔ بالابودن غلظت پروتئین خام (۳۰/۲ درصد مادهٔ خشک) و انرژی قابل متابولیسم (۲۶۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم مادهٔ خشک) پسماندهای لپه‌پاک‌کنی است (Abdi Gezeljeh, 2008). با این‌حال، وجود مقادیر متفاوتی مواد ضد مغذی از جمله ترکیبات فنولیک، شامل تانن‌ها و مهارکننده‌های تریپسین را می‌توان از جمله محدودیت‌های مصرف نخود در تغذیهٔ دام دانست. علاوه بر این، وجود مقادیر زیاد آلبومین و گلوبولین (۱۰۰-۸۵ درصد پروتئین خام) در ترکیب پروتئین دانهٔ لگوم‌ها و تجزیه‌پذیری وسیع (تا ۷۵ درصد) و سریع آن‌ها در شکمبه (Van Straalen & Tamminga, 1990; Van Soest, 1994; Pfeffr & Hirstov, 2005)، نیاز حیوانات پرتولیدی (به‌خصوص گاوهای شیری) که از این پسماندها تغذیه می‌کنند را به خوراک‌های دارای پروتئین عبوری قابل‌هضم افزایش می‌دهد (NRC, 2001).

1. Chick pea pre-cleanings

تغییر در مقدار و سرعت تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین مواد خوراکی با هدف رساندن بخش بیشتری از پروتئین با کیفیت خوب به رودهٔ باریک و کاهش ثابت نرخ تجزیهٔ مواد خوراکی و پیشگیری از هدررفت نیتروژن در شکمبه، با استفاده از روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی ازجمله دناتوره‌کردن و ایجاد واکنش میلارد امکان‌پذیر است (Pena, 1986). بااین‌حال در مقایسه با سایر مکمل‌های پروتئینی در این زمینه به دانه‌های لگومینه در تغذیهٔ نشخوارکنندگان توجه کمتری شده است و در زمینهٔ ارزش تغذیه‌ای پروتئین این خوراک‌ها و پسماندهای حاصل از فراوری آن‌ها به‌منظور استفاده در تغذیهٔ دام، اطلاعات اندکی وجود دارد.

با توجه به فراوان‌بودن مقدار پروتئین خام در ضایعات لپه پاک‌کنی و پتانسیل مناسب آن برای استفاده در جیره‌های غذایی دام و طیور، به‌خصوص پس از فراوری، به‌منظور بهینه‌کردن هضم و تجزیه‌پذیری در بخش‌های مختلف دستگاه گوارش نشخوارکنندگان و نبود اطلاعات مناسب در این زمینه، پژوهش حاضر، با هدف تعیین اثر روش‌های مختلف فراوری‌های حرارتی بر ارزش غذایی پسماندهای لپه پاک‌کنی در شرایط برون‌تنی[2] و با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی[3] انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

محل، زمان اجرا و حیوانات استفاده‌شده در آزمایش

این پژوهش از مهرماه ۱۳۹۱ به مدت شش ماه در ایستگاه آموزشی و تحقیقاتی و آزمایشگاه تغذیهٔ دام گروه علوم دامی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه صورت گرفت. برای اجرای آزمایش‌های مربوط به تجزیه‌پذیری و نمونه‌گیری از شیرابهٔ شکمبه برای آزمون تولید گاز در شرایط برون‌تنی، از سه رأس گاو نر بالغ هلشتاین استفاده شد که به فیستولای شکمبه‌ای مجهز بودند.

تهیهٔ نمونهٔ آزمایشی

نمونه‌های پسماندهای لپه‌پاک‌کنی با مراجعه به ۱۴

2. In vitro
3. In situ Nylon bag technique

واحد از مجموع ۱۲۳ کارخانهٔ لپه‌پاک‌کنی موجود در شهرستان آذرشهر در استان آذربایجان شرقی و بر اساس روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی‌شده، تهیه شدند. از هر کارخانه حدود ۱۰ کیلوگرم نمونه، پس از مخلوط‌کردن کل پسماند موجود گرفته شد. پس از هر نمونه‌گیری، نمونهٔ اولیه کامل مخلوط شد. در همهٔ نمونه‌برداری‌ها، نمونهٔ کل حداقل ۱۰ برابر زیرنمونه‌های تهیه‌شده بود. نمونهٔ نهایی از مخلوط‌کردن همهٔ نمونه‌های جمع‌آوری‌شده، تهیه گردید. به‌منظور فراوری‌های مختلف، سه زیر نمونه از نمونهٔ کلی به ازای هر روش فراوری تهیه و به‌عنوان تکرار آزمایشی استفاده شد.

روش فراوری پسماندها

روش‌های فراوری در این پژوهش شامل پولکی‌کردن با بخار، تفت‌دادن، اتوکلاوکردن و پرتوتابی با اشعهٔ ریزموج[1] بود. به‌منظور پولکی‌کردن، نمونه‌ها ۴۰ دقیقه در معرض بخار قرار گرفتند و بلافاصله از بین غلتک‌های یک دستگاه غلتک صنعتی که هر دو غلتک آن با سرعت یکسانی در حال چرخش بودند، عبور داده شدند (Parand & Taghizadeh, 2011). تفت‌دادن در یک ظرف دوار چدنی در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه انجام گرفت. برای اتوکلاوکردن، از اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه در فشار ۱/۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع استفاده شد (Canbolat *et al.*, 2005). برای پرتوتابی، رطوبت نمونه‌های آسیاب‌شده (با احتساب مادهٔ خشک نمونه‌ها) با افزودن آب دیونیزه، به ۳۰ درصد افزایش‌یافت و به مدت ۵ دقیقه در محفظهٔ ریزموج با قدرت ۹۰۰ وات و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز پرتوتابی شدند (Parand & Taghizadeh, 2011).

تعیین ترکیب شیمیایی

همهٔ نمونه‌ها با آسیاب آزمایشگاهی با الک ۱ میلی‌متری آسیاب گردید و غلظت مادهٔ خشک، مادهٔ آلی، پروتئین خام (دستگاه‌های کجلدال[2]) و عصارهٔ اتری با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC (2000) و الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی (فایبرتک[3]) با روش Van Soest *et al.* (1991) اندازه‌گیری (سه تکرار) شد. کل ترکیبات فنولیک و کل تانن قابل‌استخراج نمونه‌ها، پیش و پس از فراوری (ده تکرار) با استفاده از روش Makkar (2000) و پس از استخراج ترکیبات فنولیک با استفاده از محلول استون ۷۰ درصد، از نمونه‌های ریز آسیاب‌شده به مدت ۳۰ دقیقه با استفاده از حمام آبی اولتراسونیک به قدرت ۳۵ کیلوهرتز، تعیین شد.

تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک و پروتئین خام

تعیین تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک و پروتئین خام نمونه‌ها، قبل و پس از فراوری بر اساس روش استانداردشده Vanzant *et al.* (1998) و با استفاده از سه رأس گاو نر بالغ اختهٔ فیستوله‌گذاری‌شدهٔ نژاد هلشتاین که در سطح ۱۰ درصد بالاتر از نیاز انرژی نگهداری (AFRC, 1995)[4] تغذیه شدند، انجام گرفت. جیرهٔ مصرفی (یونجهٔ خردشده، ذرت سیلوشده و دانهٔ جوِ آسیاب‌شده به نسبت ۱ به ۱ علوفه به کنسانتره) حیوانات مورد آزمایش به روش پیشنهادی AFRC (1992) تهیه شد و در دو وعدهٔ صبح و بعدازظهر در ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۸:۰۰ در اختیار حیوانات قرار گرفت. حیوانات در جایگاه انفرادی نگهداری شدند و آب و سنگ نمک در طول شبانه‌روز به‌صورت اختیاری در دسترس آن‌ها قرار گرفت. برای تعیین مقدار تجزیه‌پذیری از کیسه‌های پلی‌استر با ابعاد ۸×۱۸ سانتی‌متر، با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر استفاده شد. ۵ گرم از نمونه‌های آسیاب‌شده (با قطر توری ۲ میلی‌متر) در کیسه‌های نایلونی ریخته شد تا نسبت اندازهٔ نمونه به سطح کیسه‌ها، برابر با ۱۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر سانتی‌متر مربع شود. نمونه‌ها پیش از توزین، به‌منظور زدودن ذرات کمتر از ۵۰ میکرون با استفاده از الک با توری ۵۰ میکرون الک شدند. زمان قراردادن نمونه‌ها در شکمبه بلافاصله قبل از

1. Microwave

2. Foss Auto analyzer 1030
3. Fibertech 1010Foss
4. AFRC (Agriculture and Fisheries Research Council)

خوراک‌دهی صبح بود و کیسه‌ها در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت از شکمبه خارج شدند. دو کیسه برای هر زمان انکوباسیون در شکمبهٔ هر گاو قرار گرفت. کیسه‌ها بلافاصله پس از خارج‌شدن از شکمبه در آب سرد قرار گرفتند و با دست به روش پیشنهادی Coblentz *et al.* (1997) به مدت ۲۰ دقیقه و تا صاف‌شدن آب خروجی از سطل، شستشو شدند. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه، با استفاده از آب ۳۹ درجهٔ سانتی‌گراد، همانند کیسه‌های خارج‌شده از شکمبه شسته شدند. کیسه‌ها پس از شستشو، ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد خشک شدند. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های مختلف عبور از شکمبه با استفاده از معادلات غیرخطی Orskov & McDonald (1979) و McDonald (1981) با استفاده از نرم‌افزار نیوی[1] تعیین شدند. به‌منظور برآورد مقادیر پروتئین قابل‌تجزیهٔ سریع در شکمبه[2]، پروتئین قابل‌تجزیهٔ آهسته در شکمبه[3]، پروتئین قابل‌تجزیهٔ مؤثر در شکمبه[4]، کل پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه[5] و پروتئین غیرقابل‌تجزیه در شکمبه[6] از معادلات AFRC (1995) استفاده شد.

تولید گاز در شرایط برون‌تنی[7]

مقدار گاز تولیدی با استفاده از فشارسنج دیجیتالی (Theodorou *et al.*, 1994) در سه دور[8] مجزا و سه تکرار به ازای هر نمونه در هر دور، تعیین شد. نمونهٔ شیرابهٔ شکمبه از سه رأس گاو نر بالغ نژاد هلشتاین فیستوله‌دار پیش از مصرف وعدهٔ غذایی صبح جمع‌آوری، مخلوط و صاف گردید و در دمابان محتوی گازکربنیک، به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل شد. حیوانات دو بار در روز و با جیرهٔ حاوی ۴ کیلوگرم یونجه، ۳ کیلوگرم ذرت سیلوشده و ۱/۵ کیلوگرم جوِ خردشده تغذیه می‌شدند. پس از صاف‌کردن شیرابهٔ شکمبه، شیرابه و بافر (محلول‌های ماکرومینرال، میکرومینرال، احیاکننده، بافر و ریسازورین) مطابق روش Menke *et al.* (1979) و روش تصحیح‌شدهٔ Menke & Steingass (1988) به نسبت یک قسمت شیرابه و دو قسمت بزاق مصنوعی به داخل بالن سه دهانهٔ مخصوص تحت جریان مداوم دی‌اکسید کربن ریخته شد و تا زمان انتقال به شیشه‌های حاوی نمونه در دمای ۳۹ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت. برای اندازه‌گیری مقدار گاز تولیدی در ساعات مختلف، ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌های آزمایشی آسیاب شد (آسیاب با غربال ۱ میلی‌متر (Tagliapietra *et al.*, 2011) و در شیشه‌های مخصوص ۱۲۵ میلی‌لیتری ریخته شد. به هر شیشه ۵۰ میلی‌لیتر از مخلوط شیرابهٔ شکمبه و بافر اضافه‌شد و پس از بستن درب، شیشه‌ها با درپوش پلاستیکی و پرس فلزی در آون با دمای ۳۹ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند. شیشه‌ها هر یک ساعت یک‌بار تکان داده می‌شدند. مقدار گاز تولیدی در ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از انکوباسیون قرائت و ثبت شد. به‌منظور تصحیح گاز تولیدی توسط شیرابهٔ شکمبه، در هر دور، سه شیشهٔ فاقد نمونه که تنها حاوی ۵۰ میلی‌لیتر مخلوط شیرابهٔ شکمبه و بزاق مصنوعی بودند، به‌عنوان بلانک در نظر گرفته شد تا مقدار گاز تولیدی آن‌ها از کل گاز تولیدی توسط نمونه مورد آزمایش کم شود و مقدار تولید گاز خالص از تخمیر نمونه به دست آید.

محاسبات و مدل آماری

غلظت انرژی قابل متابولیسم و مادهٔ آلی قابل‌هضم از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Menke & Steingass, 1988). پروتئین میکروبی (MCP) نیز به‌صورت ۱۹/۳ گرم نیتروژن میکروبی به ازای هر کیلوگرم مادهٔ آلی قابل‌هضم محاسبه شد (Czerkawski, 1986).

$$ME\ (MJ/Kg\ DM) = 1.06 + (0.157\times GP_{24/200mg}) + (0.084\times CP) + (0.22\times CF) - 0.081\times CA$$

$$DOM\ \text{درصد} = (0.9991\times GP_{24/200mg}) + (0.0595\times CP) + (0.0181\times CA) + 9$$

1. Neway
2. Quickly Degradable Protein (QDP)
3. Slowly Degradable Protein (SDO)
4. Effective Rumen Degradable Protein (ERDP)
5. Rumen Degradable Protein (RDP)
6. Rumen UnDegradable Protein (UDP)
7. *In vitro Gas Production Technique*
8. Run

به‌منظور برآورد غلظت اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر از فرمول پیشنهادی Getachew *et al.* (2002) استفاده شد.

$$SCFA= (0.0222\times GP_{24/500mg}) - 0.00425$$

در این معادلات، ME، $GP_{24200mg}$، CP، CF ، CA، MCP، DOM و SCFA به ترتیب معادل با انرژی قابل متابولیسم، مقدار گاز تجمعی تولیدی در ۲۴ ساعت به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم مادهٔ خشک نمونه، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر خام، پروتئین خام میکروبی، مادهٔ آلی قابل‌هضم و اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر است. در ارتباط با معادلهٔ تخمین اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر، مقدار گاز تولیدی در ۲۴ ساعت به ازای هر ۵۰۰ میلی‌گرم مادهٔ خشک نمونه مبنای محاسبه قرار گرفته (Getachew *et al.*, 2002) و در سایر موارد گاز تولیدی به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم مادهٔ خشک نمونه تصحیح شده است.

داده‌های مربوط به تأثیر روش‌های مختلف فراوری بر ترکیب شیمیایی و مواد ضد مغذی، بخش‌های مختلف پروتئین خام با روش تجزیه‌پذیری و کینتیک و فراسنجه‌های تولید گاز با استفاده از طرح کاملاً تصادفی ($Y_i=\mu+T_i+e_i$) ارزیابی آماری شد. داده‌های مربوط به فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی ($Y_{ij}=\mu+T_i+B_j+e_{ij}$) با سه تکرار آنالیز شد (μ: میانگین جامعه؛ Ti: اثر تیمار؛ Bj: اثر بلوک(اثر دام)؛ eij: اثر اشتباه آزمایشی، Lykos &. Varga, 1995). به‌منظور ارزیابی آماری این داده‌ها به‌استثنای داده‌های کینتیک از رویهٔ مدل خطی تعمیم‌یافته[1] (GLM) نرم‌افزار SAS9.1 (2002) استفاده شد. میانگین تیمارها در رویهٔ GLM با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال آماری ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) باهم مقایسه شدند. برای تعیین تمایل میانگین‌ها به تغییر در صورت معنادارنبودن، از سطح آماری ۹۰ درصد (P<۰/۱) استفاده شد. در آنالیز کینتیکی آزمون تولید گاز و تجزیه‌پذیری اثر زمان انکوباسیون (ساعت) به عنوان عامل تکرارشونده و اثر متقابل زمان انکوباسیون و نوع فراوری در مدل قرار گرفت ($\mu+T_i+It_{j+}Tit_{ij}+e_{ij}$) ($Y_i=$). به‌علاوه فراوری در مدل آماری قرار گرفت. (μ: میانگین جامعه؛ Ti: اثر تیمار؛ It_j: اثر زمان انکوباسیون؛ Tit_{ij}: اثر متقابل زمان انکوباسیون و نوع فراوری؛ eij: اثر اشتباه آزمایشی). آنالیز آماری با استفاده از PROC MIXED نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت و از ساختار کوواریانس نوع اول[2] استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین حداقل مربعات و خطای استاندارد[3] در جدول‌های مربوطه گزارش شد و تصحیح داده‌ها با استفاده از آزمون توکی و مقایسهٔ میانگین‌ها با گزینه PDIFF در سطح احتمال آماری ۰/۹۵ (P<۰/۰۵) صورت گرفت.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی و تغییرات ترکیبات فنولیک در اثر فراوری به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان شده است. پرتوتابی ریزموج و تیمارهای حرارتی سبب افزایش معنادار غلظت مادهٔ خشک در مقایسه با نمونهٔ شاهد شد که با نتایج سایر مطالعات مطابقت داشت (Kadlec *et al.*, 2002; Kaasova *et al.*, 2002). بااین‌حال، فراوری با استفاده از پرتوهای ریزموج در مقایسه با سایر فراوری‌ها سبب افزایش بیشتر مادهٔ خشک شد. پژوهش‌های محققان دیگر نشان‌دهندهٔ کارایی مناسب امواج ریزموج در خارج‌کردن رطوبت مواد خوراکی است و این امر را می‌توان علت بیشتربودن مقدار مادهٔ خشک نمونه‌های فراوری‌شده با امواج ریزموج در مقایسه با سایر فراوری‌ها دانست. طی پژوهشی Kaasova *et al.* (2002) تأثیر پرتوتابی ریزموج را روی خشک‌کردن نخود جوانه‌زده مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از ریزموج در مقایسه با روش‌های معمول خشک‌کردن با سرعت بیشتر و در مدت‌زمان کمتری نمونه‌های آزمایشی را خشک می‌کند. محققان افزایش غلظت مادهٔ خشک در اثر پرتوتابی ریزموج را به علت خشک‌شدن اولیهٔ مواد آزمایشی در محفظهٔ ریزموج دانسته‌اند (Kadlec *et al.*, 2002).

1. Generalized Linear Model (GLM)

2. First order autoregressive

3. Standard Error of Means (SEM)

فراوری با انواع روش‌های حرارتی تأثیر معناداری بر غلظت پروتئین خام نداشت. به‌هرحال، کمترین پروتئین خام ازنظر عددی مربوط به نمونهٔ اتوکلاوشده بود که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت. در مغایرت با پژوهش حاضر، Khalilvandi-Behroozyar *et al.* (2009) افزایش پروتئین خام علوفهٔ اسپرس فراوری‌شده با مواد اکسیدکننده و قلیایی را گزارش کردند که دلیل آن را اکسیدشدن بخشی از مادهٔ خشک در اثر استفاده از مواد اکسیدکننده و در نتیجه تغلیظ پروتئین خام در مادهٔ خشک خوراک دانستند. نتایج مشابه دیگری نیز در زمینهٔ افزایش غلظت پروتئین خام در مادهٔ خشک مواد تانن‌دار در اثر فراوری با مواد اکسیدکننده گزارش‌شده است (Singh, 1992; Ben Salem *et al.*, 2005 Makkar &). نبود خاصیت اکسیدکنندگی در فراوری‌های انجام‌گرفته در این پژوهش را می‌توان یکی از دلایل عدم‌تغییر در غلظت پروتئین خام پسماندهای فراوری‌شده دانست. استفاده از انواع روش‌های فراوری تأثیر معناداری در کاهش یا افزایش غلظت الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی نداشت. بااین‌حال، بیش‌ترین غلظت آن در نمونه‌های فراوری‌شده با اتوکلاو و تفت‌داده‌شده بود که با نتیجهٔ Bressani (1993) مطابق بود. علت افزایش الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی و کاهش پروتئین خام تشکیل کمپلکس پروتئین- الیاف در اثر تغییرات شیمیایی ناشی از حرارت گزارش‌شده است (Bressani, 1993).

جدول ۱. تأثیر فرایندهای مختلف حرارتی بر ترکیب شیمیایی پسماند لپه‌پاک‌کنی (گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک)

نوع فراوری	مادهٔ خشک (گرم بر ۱۰۰ گرم)	پروتئین خام	عصارهٔ اتری	خاکستر	الیاف غیرقابل‌حل در شویندهٔ خنثی
خام	۸۹/۲۱c	۲۶/۱۲	۲/۸۷	۲/۲۶	۱۶/۰۰
ریزموج	۹۲/۵۵b	۲۶/۲۷	۲/۵۳	۱/۶۸	۱۴/۱۵
اتوکلاوکردن	۹۳/۲۶b	۲۵/۸۵	۲/۶۶	۱/۹۸	۱۶/۷۸
تفت‌دادن	۹۲/۵۹b	۲۶/۳۳	۲/۸۴	۲/۱۲	۱۷/۴۵
پولکی‌کردن با بخار	۹۴/۶۲a	۲۷/۳۲	۲/۱۸	۲/۹۰	۱۴/۶۳
خطای استاندارد	۰/۲۱۶	۰/۱۳۴	۰/۰۷۸	۰/۲۵۰	۰/۱۸۲

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ درصد است (P<۰/۰۵).

جدول ۲. غلظت ترکیبات فنولیک و درصد کاهش آن‌ها در مقایسه با تیمار شاهد در هر یک از روش‌های فراوری (برحسب گرم در ۱۰۰ گرم)

نوع فراوری	کل ترکیبات فنولیک	کل تانن	درصد کاهش کل ترکیبات فنولیک	درصد کاهش کل تانن
خام	۳/۲۴۵a	۲/۲۷۵a	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
اتوکلاوکردن	۲/۱۰۳c	۱/۴۳۳bc	۳۵/۱۹۲b	۳۷/۰۱۰b
ریزموج	۱/۸۱۹bc	۱/۲۱۴c	۴۳/۹۴۴a	۴۶/۶۳۷a
پولکی‌کردن با بخار	۲/۱۲۱c	۱/۶۵۷bc	۳۴/۶۳۷b	۲۷/۱۶۴c
تفت‌دادن	۲/۶۴۵b	۱/۸۱۲b	۱۸/۴۸۹c	۲۰/۳۵۱d
خطای استاندارد	۰/۰۶۹	۰/۰۸۷	۰/۱۲۴	۰/۱۶۱

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ درصد است (P<۰/۰۵).

بر اساس جدول ۲، فراوری با پرتوهای ریزموج بیشترین کارایی را در کاهش غلظت کل ترکیبات فنولیک داشت (۴۳/۹۴۴ درصد). سایر فراوری‌ها مانند اتوکلاوکردن، تفت‌دادن و پولکی‌کردن با بخار به مقدار کمتری توانستند کل ترکیبات فنولیک را کاهش دهند. در پسماند خام، ۷۰/۱۰ درصد از کل ترکیبات فنولیک را تانن تشکیل می‌داد. بیشترین کاهش در مقدار تانن در اثر فراوری با امواج ریزموج (۴۶/۶۳۷ درصد) مشاهده شد. نتایج این مطالعه در مورد تأثیر پرتودهی ریزموج بر ترکیبات فنولیک و تانن مطابق با گزارش‌های قبلی بود

Habiba, 2002; Thomas *et al*., 2012; Kala & Mohan, 2012). طی پژوهشی، Habiba (2002) تأثیر حرارت‌دهی ریزموج را در مقایسه با سایر فرایندهای حرارتی در از بین بردن اسید فیتیک، مهارکنندهٔ تریپسین و تانن نخود بررسی کرد و نتیجه گرفت که با افزایش زمان حرارت‌دهی، تخریب ترکیبات ضد مغذی افزایش می‌یابد. با توجه به میانگین‌های گزارش‌شده در جدول ۲، اتوکلاوکردن در مقایسه با تیمار شاهد کاهش معناداری (P<۰/۰۵) را در غلظت ترکیبات فنولیک و تانن ایجاد کرد. گزارش‌هایی مبنی بر کاهش غلظت تانن دانهٔ خلر در اثر اتوکلاوکردن وجود دارد (Ramachndran & Ray, 2008) ولی سایر عوامل ضد مغذی تحت تأثیر این روش فراوری قرار نگرفته‌اند. همچنین، Saleh & El-Adawy (2006) به تأثیر مثبت اتوکلاو در کاهش تانن دانهٔ نخودفرنگی اشاره کردند. محققان این کاهش را به تجزیهٔ ترکیبات فنولیک در دماهای بالا یا ایجاد کمپلکس‌های نامحلول در اثر واکنش با سایر ترکیبات دانه از قبیل پروتئین نسبت داده‌اند (Ramachndran & Ray, 2008). اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک متصل به پروتئین و اجزای دیوارهٔ سلولی می‌تواند راهکار مناسبی برای پاسخ به این سؤالات باشد. با توجه به غلظت نه‌چندان زیاد تانن در نمونه‌های موردبررسی و گزارش‌های متعدد مبنی بر مفیدبودن تانن‌ها در سطوح پایین به‌منظور انتقال بخشی از پروتئین از شکمبه، عدم تخریب کامل ترکیبات فنولیک در اثر فراوری‌ها را می‌توان مثبت تلقی کرد. احتمالاً بخشی از نتایج ارائه‌شده در خصوص اثر فراوری‌ها در کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه و تفاوت‌های موجود در بین انواع فراوری‌ها را بتوان به کارایی آن‌ها در حفظ ترکیبات فنولیک و تانن نسبت داد.

تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک و پروتئین خام

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر کینتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک و پروتئین خام به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ گزارش‌شده است. در ساعات اولیهٔ انکوباسیون بیشترین تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک، به نمونهٔ پرتودهی‌شده با امواج ریزموج مربوط بود؛ اما با افزایش زمان انکوباسیون (از ۴ ساعت به بعد) پولکی‌کردن با بخار بیشترین تأثیر را بر تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک داشت و تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک را در مقایسه با گروه شاهد افزایش معناداری (P<۰/۰۵) داد. محققان علت افزایش تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک در اثر ریزموج را ژلاتینه‌شدن نشاسته عنوان کردند (Sadeghi & Shawrang, 2008). تمامی تیمارهای حرارتی باعث کاهش بخش سریع تجزیه و افزایش بخش کند تجزیه شدند. به‌استثنای فرایند پولکی‌کردن با بخار، سایر فراوری‌ها در مقایسه با گروه شاهد باعث کاهش نرخ تجزیه شدند. با توجه به نتایج گزارش‌شده در جدول ۴، تفاوت‌های مشاهده‌شده در فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری پروتئین خام بین تیمارهای مختلف آزمایشی معنادار بود (P<۰/۰۵). تمام فراوری‌ها با کاهش بخش سریع تجزیه در شکمبه (a) و افزایش بخش کند تجزیه (b)، تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین در شکمبه را کاهش دادند. علت کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام و به‌دنبال آن مادهٔ خشک در اثر فراوری‌های حرارتی را می‌توان به افزایش پیوندهای کربوهیدرات-پروتئین در اثر واکنش قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی، کاهش حلالیت پروتئین در شکمبه و از بین رفتن برخی محل‌های فعال اتصال آنزیم‌های پروتئولتیک میکروبی مربوط دانست (Broderick & Craig, 1980; Pfeffer & Hirstov, 2005). نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج Eghbali Koozekanan *et al*., (2007) مطابقت داشت. این پژوهشگران تأثیر فراوری با فرمالدئید، اسید استیک و حرارت را بر تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک کلزا بررسی کردند و نشان دادند که در کنجالهٔ کلزای فراوری‌شده با حرارت، در مقایسه با گروه شاهد، بخش سریع تجزیه و نرخ تجزیهٔ مادهٔ خشک، کاهش و بخش کند تجزیه افزایش‌یافته است. در گزارش دیگری، پرتودهی ریزموج (به‌مدت ۶ دقیقه)، بخش سریع تجزیهٔ مادهٔ خشک کنجالهٔ کانولا را از ۳۹ گرم در کیلوگرم مادهٔ خشک در گروه شاهد به ۲۴ گرم در کیلوگرم مادهٔ خشک در گروه پرتودهی‌شده کاهش داد (Ebrahimi *et al*., 2010). محققان دیگری کاهش تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک را در گندم پرتودهی‌شده با امواج ریزموج گزارش کرده‌اند و علت آن را کاهش حلالیت پروتئین

در اثر حرارت ناشی از پرتودهی ریزموج دانسته‌اند (Aimone & Wagner, 1977). با توجه به اینکه تیمارهای حرارتی باعث کاهش غلظت ترکیبات فنولیک و تانن شده‌اند، عدم افزایش در تجزیه‌پذیری پروتئین خام را می‌توان به‌سبب دناتوره‌شدن پروتئین در اثر حرارت دانست (NRC, 2001). علاوه بر این، غلظت‌های کم ترکیبات فنولیک در نمونه‌های آزمایشی، اهمیت آن را در کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین کم‌رنگ می‌کند. کاهش حلالیت پروتئین درنتیجهٔ حرارت‌دادن مکمل‌های پروتئینی، توسط محققان دیگر نیز گزارش‌شده است (McAllister *et al*., 1993; Mustafa *et al*., 2003). افزون بر این، گزارش‌ها در ارتباط با فراوری دانه و کنجالهٔ سویا با اتوکلاو و برشته‌کردن، نشان‌دهندهٔ کاهش بخش محلول و افزایش بخش نامحلول پروتئین خام است (SahebiAla *et al*., 2012; Shannak *et al*., 2000). نتایج مطالعهٔ حاضر در مورد تأثیر پرتودهی ریزموج بر کاهش بخش سریع تجزیه‌شونده، افزایش بخش بالقوه قابل‌تجزیه و کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر شکمبه‌ای پروتئین خام، با گزارش‌های پیشین در مورد تأثیر پرتودهی ریزموج بر دانهٔ جو و دانهٔ کانولا موافق است (Sadeghi & Shawrang, 2006; 2008).

جدول ۳. کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری مادهٔ خشک در پسماندهای لپه‌پاک‌کنی خام و فراوری‌شده
(گرم در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک)

ساعات انکوباسیون	شاهد	ریزموج	پولکی‌کردن با بخار	اتوکلاوکردن	تفت‌دادن	خطای استاندارد
۲	۲۹/۴۵ b	۳۰/۱۰a	۲۹/۲۶ b	۲۹/۷۷ ab	۲۷/۱۲ c	۰/۶۷۴
۴	۳۵/۲۴ ab	۳۷/۰۲ a	۳۵/۶۹ ab	۳۴/۶۳ b	۳۵/۵۸ ab	۰/۸۵۹
۸	۴۵/۱۴ c	۴۶/۴۸ b	۴۸/۸۲ a	۴۱/۸۸ d	۴۳/۲۴ cd	۱/۴۷۲
۱۲	۵۹/۰۷ b	۵۶/۹۹ c	۶۲/۱۵ a	۵۰/۵۴ d	۵۵/۲۸ cd	۱/۶۴۴
۲۴	۷۱/۹۹ b	۶۸/۶۰ c	۷۳/۱۲ a	۰/۳۸ d	۷۰/۴۱ bc	۰/۷۲۱
۴۸	۷۸/۹۳ bc	۷۹/۳۴ b	۸۴/۰۲ a	۷۰/۹۷ c	۷۹/۵۵ b	۲/۱۷۰
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری						
A	۲۸/۳۵ a	۲۳/۳۰b	۲۲/۱۱b	۲۳/۷۰b	۲۳/۳۲b	۱/۲۷۶
B	۵۴/۵۳ c	۵۸/۰۳ b	۶۱/۷۳a	۵۴/۱۰c	۵۸/۰۲b	۱/۱۲۵
a+b	۸۲/۸۸ b	۸۱/۱۵bc	۸۳/۸۳a	۷۷/۸۰c	۸۱/۳۴bc	۰/۸۶۰
C	۰/۰۷۰۸ ab	۰/۰۶۸ b	۰/۰۷۹a	۰/۰۵۷c	۰/۰۶۷b	۰/۰۰۶۱
K=0.02	۶۵/۰ b	۶۳/۳ bc	۶۶/۸a	۵۶/۹c	۶۲/۰bc	۱/۳۲۱
k=0.05	۵۸/۱ ab	۵۶/۵ bc	۵۹/۴a	۵۰/۹c	۵۵/۶bc	۰/۴۹۴
k=0.08	۵۲/۲	۴۹/۷ bc	۵۱/۸a	۴۵/۱c	۴۷/۳bc	۰/۳۸۰

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ درصد است (P<۰/۰۵).

طی پژوهشی، Ebrahimi *et al*. (2010) نشان دادند که پرتوتابی ریزموج به مدت ۴ و ۶ دقیقه، پروتئین خام دانهٔ کانولا را از تجزیهٔ شکمبه‌ای محافظت می‌کند. با بررسی تأثیر پرتودهی ریزموج بر کنجالهٔ کانولا گزارش شد که پرتودهی به مدت ۶ دقیقه، تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام را ۲۹ درصد کاهش می‌دهد (Sadeghi & Shawrang, 2008). همچنین Rezaei *et al*. (2010) گزارش کردند که ریزموج کنجالهٔ سویا به مدت ۲ و ۴ دقیقه باعث کاهش بخش سریع تجزیهٔ پروتئین، از مقدار ۱۵/۲ گرم بر ۱۰۰ گرم در گروه شاهد به ترتیب به ۹/۱۵ و ۸/۲۶ گرم بر ۱۰۰ گرم پروتئین خام در تیمارهای فراوری‌شده گردید. به‌هرحال، سازوکار حفاظتی پروتئین‌ها از تجزیهٔ شکمبه‌ای در خوراک‌های فراوری‌شده توسط حرارت بسیار پیچیده است. ممکن است واکنش‌های شیمیایی (از قبیل واکنش میلارد) که در طول فراوری حرارتی ایجاد می‌شود، مسئول کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای باشد. این واکنش‌ها باعث تبدیل پروتئین خوراک به ترکیباتی مقاوم به تجزیه، در شکمبه می‌شوند (Sadeghi & Shawrang,

2008). همچنین Zhao *et al.* (2007) گزارش کردند که اگرچه پرتودهی ریزموج در مقایسه با روش‌های معمول پخت (مثل پختن در آب) آسیب‌های حرارتی کمتری به خوراک وارد می‌کند، اما باعث وقوع واکنش‌های بیوشیمیایی و تغییر ساختارهای مولکولی نشاسته و پروتئین در خوراک‌های فراوری‌شده می‌شود.

فراوری ریزموج و تکنیک پولکی‌کردن با بخار، سبب افزایش سرعت تجزیهٔ بخش بالقوه قابل‌تجزیهٔ پروتئین در شکمبه در مقایسه با گروه شاهد شدند. دلایل احتمالی این امر را می‌توان کاهش ترکیبات فنولیک و تانن در اثر فراوری ریزموج دانست. با این‌حال، افزایش سرعت تجزیهٔ پروتئین در اثر فن پولکی‌کردن با بخار، با نتایج محققان دیگر در ارتباط با پروتئین دانهٔ غلات و انواع لگوم‌ها مغایر است (Lykos &Varga, 1995; Goelema *et al.*, 1998, Prestlùkken, 1999). تفاوت نتیجهٔ این پژوهش با نتایج دیگران را شاید بتوان در ساختار متفاوت و غلظت بیشتر پروتئین موجود در نخود در مقایسه با سایر مواد خوراکی ازجمله غلات دانست. با این حال آزمایش‌های بیشتر در این خصوص می‌تواند راهگشا باشد.

جدول ۴. کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام در ضایعات لپه‌پاک‌کنی خام و فراوری‌شده (گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین خام)

ساعات انکوباسیون	شاهد	ریزموج	پولکی کردن با بخار	اتوکلاو کردن	تفت‌دادن	خطای استاندارد
۲	۴۰/۸۲a	۳۶/۶۲b	۳۶/۸۵b	۳۶/۴۸b	۳۴/۸۵c	۱/۰۴
۴	۵۰/۲۴a	۴۹/۰۲bc	۴۸/۶۱c	۴۶/۸۰d	۴۹/۱۱bc	۰/۹۶
۸	۶۰/۰۸a	۶۰/۳۴a	۵۹/۴۰ab	۵۷/۲۴b	۵۶/۶۱c	۰/۷۵
۱۲	۶۹/۹۹a	۶۷/۹۱b	۷۰/۰۷a	۶۵/۴۶c	۶۶/۲۰bc	۱/۳۹
۲۴	۸۲/۰۰a	۷۹/۲۲bc	۸۰/۱۳b	۷۴/۳۴c	۸۰/۴۴b	۱/۵۸
۴۸	۹۰/۰۶a	۸۶/۵۹e	۸۹/۱۶ab	۸۶/۱۱c	۲۶/۸۸b	۱/۸۶
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری						
A	۷۳/۱۳ a	۳۲/۱۵ b	۳۳/۰۲ b	۳۲/۲۱b	۳۰/۴۷ c	۱/۶۷
B	۵۳/۶۴ c	۵۵/۷۵ b	۵۵/۶۲ b	۵۳/۵۳ c	۵۹/۰۲ a	۰/۸۱
a+b	۹۰/۷۷ a	۸۸/۰۰ b	۸۸/۶۴ ab	۸۵/۶۳ c	۸۹/۴۹ a	۰/۵۴
C	۰/۰۸۲۸ab	۰/۰۹۳۲ a	۰/۰۹۴۲ a	۰/۰۸۰۴ b	۰/۰۷۴۸ c	۰/۰۰۸۸
K=0.02	۷۹/۵ a	۷۶/۴c	۷۸/۰b	۷۴/۶d	۷۸/۴b	۱/۴۹
k=0.05	۶۹/۰a	۶۶/۸b	۶۷/۷ab	۶۴/۴c	۶۶/۷b	۰/۶۳
k=0.08	۶۳/۵ a	۶۰/۴b	۵۹/۹bc	۵۸/۰c	۵۸/۱c	۰/۷۲

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ درصد است (P<۰/۰۵).

طی مطالعه‌ای، Moshtaghi Nia & Ingalls (1995) بیان کردند که تیمارهای حرارتی از طریق فرایند دناتوره‌شدن و واکنش میلارد (واکنش ایجادشده بین گروه آلدئید قند و گروه‌های آمین و اسید آزاد پروتئین) سبب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین مواد خوراکی در شکمبه می‌گردند. از سوی دیگر، Voragen *et al.* (1995) عنوان کردند که تاخوردن و دناتوره‌شدن پروتئین با حرارت موجب واسرشتگی پروتئین می‌شود و از این طریق سطح آب‌گریزی پروتئین را افزایش و بنابراین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام را کاهش می‌دهد (Van Soest, 1994; NRC, 2001). بر اساس مطالعات بسیار دربارهٔ تأثیر تیمارهای حرارتی بر بخش‌های مختلف پروتئین، بیشتر محققان به این نتیجه رسیده‌اند که حرارت‌دادن باعث کاهش پروتئین قابل‌تجزیهٔ مؤثر در شکمبه می‌شود و فراوری‌های حرارتی منابع پروتئینی مثل کنجالهٔ سویا را روش مؤثری برای تغییر مقدار هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، از طریق افزایش بخش غیرقابل‌هضم پروتئین در شکمبه عنوان کرده‌اند (Canbolat *et al.*, 2005). در پژوهشی دیگر Goelema *et al.* (1998) گزارش کردند که تفت‌دادن دانهٔ نخود و لوبیا به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۳۲ درجهٔ سانتی‌گراد، باعث کاهش پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه می‌شود.

محققان مذکور عنوان کردند که تأثیر تفت‌دادن بر مقدار پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه زمانی که دانه‌ها به‌صورت شکسته باشد، بیشتر می‌شود. به‌علاوه گزارش‌ها حاکی از این است که پرتوتابی امواج ریزموج از طریق کاهش اتصالات عرضی و ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی و همچنین واسرشتگی پروتئین سبب کاهش حلالیت پروتئین، کاهش بخش سریع‌تجزیه شده است و با افزایش بخش کندتجزیه، سبب افزایش پروتئین عبوری شده است (Zhao *et al*., 2007; Sadeghi & Shawrang, 2006a, b; Sadeghi & Shawrang, 2008; Maheri – sis *et al*., 2011). از نظرگاه تغذیهٔ عملی گاوهای شیری پر تولید، این نتایج می‌تواند مفید واقع شود؛ چراکه در این حیوانات، مشکل بالابودن سطح نیتروژن آمونیاکی در شکمبه وجود دارد (Pfeffer & hirstov, 2005) که علاوه بر اتلاف منابع باارزش پروتئینی به شکل آمونیاک، باعث کاهش بازده تولیدمثلی و افزایش تأثیرات زیست‌محیطی به‌واسطهٔ افزایش دفع نیتروژن به محیط و افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Fathi - Nasri *et al*., 2006; Pfeffer & hirstov, 2005). به‌هرحال، نکتهٔ درخورتوجه این است که در فراوری‌های حرارتی باید به رطوبت نمونهٔ مورد فراوری، دما و مدت‌زمان حرارت‌دهی توجه کرد زیرا حرارت دهی بیش‌ازحد ممکن است باعث کاهش هضم پروتئین مادهٔ خوراکی در روده شده و آن را از دستگاه گوارش خارج کند (Fathi Nasri *et al*., 2006). در بین فراوری‌های مختلف، تفت‌دادن سبب بیشترین کاهش در پروتئین قابل تجزیهٔ سریع در شکمبه شد ولی تأثیر نامطلوبی بر قابلیت هضم مادهٔ آلی و مقدار انرژی قابل متابولیسم نداشت. شاید بخشی از علت‌های این نتیجه را بتوان توانایی کمتر تفت‌دادن در کاهش ترکیبات فنولیک در مقایسه با سایر تیمارها دانست.

جدول ۵. بخش‌های مختلف برآوردشدهٔ پروتئین خام ضایعات لپه پاک‌کنی فراوری شده و کنترل به‌وسیلهٔ سیستم AFRC (برحسب g/kg)

نوع فراوری	پروتئین قابل‌تجزیهٔ سریع در شکمبه	پروتئین قابل‌تجزیهٔ کند در شکمبه	کل پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه	پروتئین قابل‌تجزیهٔ مؤثر در شکمبه	پروتئین تجزیه‌ناپذیر در شکمبه
خام	۸۹/۵۵ a	۸۴/۷۸ a	۱۷۳/۶۳ a	۱۵۵/۷۲ a	۶۷/۵۶ c
ریزموج	۷۸/۰۲ c	۸۲/۴۱ b	۱۶۰/۴۳ c	۱۴۴/۸۳ c	۸۲/۲۶ b
اتوکلاو کردن	۷۶/۸۲ c	۷۶/۵۱ c	۱۵۳/۳۴ d	۱۳۷/۹۷ d	۸۵/۱۵ ab
تفت‌دادن	۷۴/۱۳ d	۸۵/۴۴ a	۱۵۹/۵۸ cd	۱۴۴/۷۵ c	۸۳/۷۱ b
پولکی‌کردن با بخار	۸۳/۶۰ b	۸۲/۴۴ b	۱۶۶/۰۴ b	۱۴۹/۳۲ b	۸۷/۱۵ a
خطای استاندارد	۰/۴۳	۰/۸۲	۲/۳۶	۲/۱۱	۱/۷۴

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ درصد است (P<۰/۰۵).

مقدار تولید گاز

نتایج مربوط به تولید و کنتیک گاز در جدول ۶ گزارش شده است. در ساعات اولیهٔ انکوباسیون بیشترین و کمترین مقدار تولید گاز به ترتیب در پسماند پرتودهی‌شده با امواج ریزموج و تفت‌داده مشاهده شد، اما با افزایش زمان انکوباسیون از ۲۴ ساعت به بعد تولید گاز در گروه پولکی‌شده با بخار در مقایسه با گروه شاهد و سایر فراوری‌ها افزایش یافت. در حقیقت Leach (1965) و Williams & Bowler (1982) عنوان کردند حرارت‌دهی به همراه بخار برخی دانه‌های غلات، به تغییرات فیزیکی و شیمیایی ریزدانه‌های نشاسته منجر می‌شود و با شکستن باندهای هیدروژنی و جذب آب موجب ژلاتینه‌شدن آن‌ها شده و قابلیت دسترسی آن‌ها برای تجزیه و تخمیر توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه را افزایش می‌دهد. کمترین گاز تولیدی در پسماند فراوری‌شده با اتوکلاو مشاهده شد. تأثیر تیمارهای حرارتی در کاهش گاز تولیدی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Parand & Taghizadeh, 2011; Maheri *et al*., 2011). طی پژوهش Maheri *et al*. (2011)، تأثیر زمان‌های مختلف پرتودهی ریزموج بر

ارزش غذایی و ویژگی‌های تخمیری تفالهٔ گوجه‌فرنگی، مطالعه و گزارش شد که پرتوتابی ریزموج باعث کاهش تولید گاز می‌گردد. علت کاهش تولید گاز در اثر افزایش زمان‌های پرتوتابی ریزموج، کاهش حلالیت مادهٔ خشک خوراک در اثر حرارت عنوانشده است (Sadeghi & Shawrang, 2008). نتایج این مطالعه در مورد تأثیر فرایند تفت‌دادن بر مقدار گاز تولیدی با نتایج مطالعه Parand & Taghizadeh (2011) مطابقت داشت. این محققان علت کاهش گاز تولیدی در اثر تفت‌دادن دانهٔ جو را تغییر ساختار سه‌بعدی پروتئین دانهٔ جو در اثر حرارت و کاهش قابلیت هضم پروتئین دانسته‌اند. افزون بر این Canbolat *et al.* (2005) دربارهٔ تأثیر اتوکلاو دانهٔ گل‌رنگ و کنجالهٔ سویا بر مقدار گاز تولیدی، مطالعه و کاهش گاز تولیدی را گزارش کردند.

انرژی قابل متابولیسم، مادهٔ آلی قابل‌هضم، پروتئین میکروبی و اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر

مقادیر برآوردشده برای انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر، پروتئین میکروبی و مادهٔ آلی قابل‌هضم در جدول ۷ ارائه شده است. فراوری با اتوکلاو باعث کاهش این فراسنجه‌ها شد (P <۰/۰۵). دلیل این امر را می‌توان کاهش حجم گاز تولیدی در اثر این فراوری دانست، زیرا این فراسنجه‌ها از طریق معادلات رگرسیونی بر اساس داده‌های حاصل از تولید گاز و تجزیهٔ تقریبی مواد خوراکی به دست می‌آیند و فراوری با اتوکلاو باعث تولید کمترین حجم گاز شده است. تأثیر اتوکلاوکردن بر مقدار تولید پروتئین میکروبی با نتایج به‌دست‌آمده در بخش تجزیه‌پذیری پروتئین خام موافق بود. با اتوکلاوکردن پسماند، در مقایسه با گروه شاهد، پروتئین میکروبی کاهش و پروتئین عبوری افزایش یافت (NRC, 2001). فراسنجه‌های گفته‌شده در روش فراوری پولکی‌کردن با بخار در مقایسه با گروه شاهد و سایر فراوری‌ها بیشتر بود. دلیل این امر را می‌توان افزایش قابلیت تخمیر نشاستهٔ موجود در ترکیب پسمانده در اثر پولکی‌کردن با بخار و درنتیجه افزایش گاز تولیدی دانست (Dehghan Banadaky *et al*., 2007; Allen & Piantoni, 2014). بر اساس آزمایش اجراشده، Leach (1965) گزارش کرد که پولکی‌کردن با بخار احتمالاً از طریق ژلاتینه‌شدن نشاسته در اثر رطوبت، باعث افزایش قابلیت تجزیه و تخمیر و درنهایت تولید گاز بیشتر شده است. جذب آب باعث ژلاتینه‌شدن نشاسته شده و قابلیت دسترسی آن‌ها برای تجزیه و تخمیر توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه را افزایش می‌دهد. Zinn *et al.* (1996) طی یک بررسی گزارش کردند که ورقه‌کردن با بخار باعث افزایش ۳/۷-۳/۵ درصدی انرژی قابل‌هضم و ۸-۷ درصدی انرژی خالص در دانهٔ جو شده است. در پژوهش دیگری Moore *et al.* (1992) افزایش ۲۷ درصدی قابلیت هضم نشاسته را در گاوهای دورهٔ اوایل شیردهی تغذیه‌شده با ذرت خوشه‌ای ورقه‌شده با بخار، مشاهده کردند. افزون بر این، افزایش اسیدهای چرب فرار در مدفوع اسب‌های تغذیه‌شده با سورگوم پولکی‌شده با بخار در مقایسه با گروه شاهد گزارش شده است (Al Jassim, 2006). نتایج مشابهی در خصوص اثر فراوری دانهٔ غلات به‌صورت مرطوب بر گوارش‌پذیری برون‌تنی نشاسته گزارش شده است (Theurer, 1986; Allen, 2012; Fu-qiang *et al*, 2015). با این حال، مطالعات بسیار اندکی در خصوص اثر فراوری‌های حرارتی بر دانهٔ لگوم‌ها وجود دارد.

جدول ۶. تأثیر روش‌های مختلف فراوری بر تولید گاز در ساعات انکوباسیون (میلی‌لیتر به ازای هر گرم مادهٔ خشک نمونه)

فراوری	۲	۴	۸	۱۲	۲۴	۴۸
خام	۳۵/۷۱ ab	۴۹/۶۶ b	۸۱/۴۰ bc	۱۲۰/۸۲ b	۲۰۷/۱۵ a	۲۸۵/۷۷ b
ریزموج	۳۵/۷۴ a	۵۲/۱۲ a	۸۴ b ۸۱/	۱۰۷/۵۳ cd	۱۹۱/۵۱ bc	۲۷۲/ ۱۳ bc
اتوکلاو	۳۳/۴۱ b	۴۷/۸۹ b	۷۷/۸۹ bc	۱۰۳/۳۴ d	۱۲ d ۱۷۲/	۲۴۳/۵۴ c
تفت‌دادن	۳۱/۴۰ c	۴۷/۹۹ b	۷۸/۸۴ bc	۱۱۰/۸۷ bc	۱۹۲/۰۱ bc	۲۸۹/ ۶۹ bc
پولکی‌کردن با بخار	۳۲/۵۹ b	۴۷/۷۱ b	۸۵/۳۱ a	۱۲۲/۰۹ a	۲۰۳/۹۱ a	۲۸۶/۱۱ a
خطای استاندارد	۰/۶۹	۰/۲۶	۰/۸۳	۱/۵۸	۱/۶۴	۰/۵۱

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ درصد است (P<۰/۰۵).

جدول ۷. انرژی قابل متابولیسم، مادهٔ آلی قابل‌هضم و فراسنجه‌های تخمیری برای پسماندهای لپه‌پاک‌کنی خام و فراوری‌شده

فراوری	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم مادهٔ خشک)	درصد مادهٔ آلی قابل‌هضم	پروتئین میکروبی (گرم بر کیلوگرم مادهٔ آلی قابل‌هضم)	اسیدهای چرب زنجیر کوتاه¥ (میلی‌مول، به ازای ۵۰۰ میلی‌گرم نمونهٔ انکوبه‌شده در ۴۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه)
خام	۱۰/۲۱ a	۵۱/۹۹ ab	۶۲/۷۱ a	۲/۰۵ a
ریزموج	۹/۷۱ ab	۴۸/۸۶ b	۵۸/۹۴ ab	۱/۹۶ab
اتوکلاو	۹/۰۶ b	۴۴/۹۷ c	۵۴/۲۴ b	۱/۷۵b
پولکی‌کردن با بخار	۹/۷۵ a	۴۸/۹۷ a	۵۹/۰۷ ab	۲/ ۱۳a
تفت‌دادن	۱۰/۰۱ a	۵۱/۵۲ ab	۶۲/۰۳ a	۱/۹۹ab
خطای استاندارد	۰/۶۵	۲/۴۸	۱/۸۵	۰/۰۷۱

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار در سطح آماری ۵ درصد است (P<۰/۰۵).

¥ در محاسبهٔ این شاخص، بر اساس مقالهٔ مرجع (Gatachew, 2002) از مقدار گاز تولیدی حاصل از ۵۰۰ میلی‌گرم خوراک استفاده‌شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان‌دهندهٔ توانایی روش‌های مختلف فراوری حرارتی در تغییر ترکیب شیمیایی و غیرفعال‌کردن مواد ضد تغذیه‌ای ضایعات لپه پاک‌کنی بود و همهٔ روش‌های فراوری در مقایسه با گروه شاهد قادر به افزایش پروتئین عبوری از شکمبه و کاهش سرعت و مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین بودند. بیشترین کاهش در مقدار ترکیبات فنولیک و تانن به فراوری با امواج ریزموج، مربوط و کمترین مقدار پروتئین قابل‌تجزیهٔ مؤثر در شکمبه، به گروه فراوری‌شده با اتوکلاو متعلق بود. با این حال این فراوری‌ها در مقدار گاز تولیدی و فراسنجه‌های محاسبه‌شده از این طریق شامل مقدار انرژی قابل متابولیسم، مقدار پروتئین میکروبی سنتزشده و درصد مادهٔ آلی قابل‌هضم، بیشترین کاهش را داشتند. در بین فراوری‌های مختلف، تفت‌دادن سبب بیشترین کاهش در پروتئین قابل‌تجزیهٔ سریع در شکمبه شد ولی تأثیر نامطلوبی بر قابلیت هضم مادهٔ آلی و مقدار انرژی قابل متابولیسم نداشت. بنابراین با توجه به نتایج، در دسترس‌بودن فرایندها و هزینهٔ فراوری، تفت‌دادن به‌عنوان فراوری مناسب به‌منظور کاهش پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه و درعین‌حال حفظ سایر ویژگی‌های محصول، توصیه می‌شود. آزمایش‌های تکمیلی در شرایط درون‌تنی به‌منظور ارزیابی پاسخ دام به انواع فراوری‌ها و اندازه‌گیری مقدار پروتئین رسیده به رودهٔ باریک و قابلیت هضم پروتئین عبوری از شکمبه در بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش، می‌تواند در تصمیم‌گیری صحیح مؤثر واقع شود.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه برای تأمین هزینه‌های این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Alajaji, A. S. & El-Adawy, T.A. (2006). Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by Microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 806-812.
2. Abdi Ghezeljeh, E. (2008). Determination of chemical composition and metabolizable energy of waste spaghetti and chickpea pre-cleaning plants in different levels. *Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources*, 43, 349-358. (in Farsi)
3. Agricultural and Food research Council. (1992). Nutrient requirements of ruminant Animals: Protein. Technical comitee on Responses to nutrients. Report no: 10, *Nutrition Abstracts & Reviews*, Series B, 62, 787-835.
4. Agricultural and Food Research Council. (1995). Energy and Protein requirements of ruminants. *Technical committee on responses to nutrients*. CAB International. Wallingford, U.K.
5. Aimone, J. C. & Wagner, D. G. (1977). Micronized wheat. II. Influnce on in vitro digestibility, gas production and gelatinization. *Journal of Animal Science*, 44, 1096-1099.
6. Al Jassim, R. A. M. (2006). Supplementary feeding of horses with processed sorghum grains and oats. *Animal Feed Science & Technology*, 125, 33-44.

7. Allen, MS. (2012). Adjusting concentration and ruminal digestibility of starch through lactation. In: Proceedings of the *Four-State Dairy Nutrition and Management Conference*. Dubuque (IA), June 13–14, p. 24–30.
8. AOAC. (2000). Official Methods of Analysis, 17th ed. Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
9. Ben Salem, H., Saghrouni, L. & Nefzaoui, A. (2005). Attempts to deactivate tannins in fodder shrubs with physical and chemical treatments. *Animal Feed Science & Technology*, 122, 109-121.
10. Besharati, M., Taghizadeh, A., Janmohammadi, H. & Moghadam, G.A. (2008). Estimating degradability amount of by-products of grape yield using in situ and in vitro (gas production) techniques. *Journal of Agricultural Science*, (University of Tabriz), 18, 173-185. (in Farsi)
11. Blummel, M. & Orskov, E.R. (1993).Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science & Technology*, 40, 109-119.
12. Bressani, T. (1993). Grain quality of common beans. *Food Reviews International*, 9, 237-297.
13. Broderick, G.A. & Michael Craig, W. (1980). Effect of Heat Treatment on Ruminal Degradation and Escape, and Intestinal Digestibility of Cottonseed Meal Protein. *Journal of Nutrition*, 110, 2381-2389.
14. Canbolat, O., Kamalak, A., Efe, E., Sahin, M. & Ozkan, C. O. (2005). Effect of heat treatment on in situ rumen degradability and in vitro gas production of full-fat soyabeans and soyabean meal. *Animal Feed Science & Technology*, 138, 143-148.
15. Coblentz, W.K., Fritz, J.O., Cochran, R.C., Rooney, W.L. & Bolsen, K.K. (1997). Protein degradation in response to spontaneous heating in alfalfa hay by in situ and ficin methods. *Journal of Dairy Science*, 80, 700-713.
16. Czerkawski, J.W. (1986). An introduction to rumen studies. Pergamon Press, Oxford, UK.
17. Dehghan-banadaky, M., Corbett, R. & Oba, M. (2007). Effects of barley grain processing on productivity of cattle (review). *Animal Feed Science and Technology*, 137, 1-24
18. Ebrahimi, S. R., Nikkhah, A. & Sadeghi, A. (2010). Changes in Nutritive Value and Digestion Kinetics of Canola Seed Due to Microwave Irradiation. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 23, 347-354.
19. Eghbali Koozekanan, M., Kafilzadeh, F. & Hozhabbi, F. (2007). Effect of physical and chemical treatments of canola meal on solubility, degradability and digestibility of crude protein. *Agricultural Research Journal: Water, soil and Plant in Agriculture*, 7, 127-139. (in Farsi)
20. Fathi Nasri, M.H., Danesh Mesgaran, M., Valizadeh, R., Nikkhah, A., Emami, M.R. & Heravi Mousavi, A.R. (2006). Effect of heating (roasting) on chemical composition, nitrogen fractions, degradability coefficients and ruminal – intestinal disappearance of dry matter and crude protein of two varieties (Sahar and Williams) of whole soybean grain. *Agricultural Science & Technology*, 20, 22-35. (in Farsi)
21. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). ‘‘FAOSTAT”. Production Year Book.
22. Fu-qiang, I.A.O., Fei, W., Li-ping, R., Zhen-ming, Z., Qing-xiang, M. & Yu-hong, B. (2015). Effect of steam-flaking on chemical compositions, starch gelatinization, in vitro fermentability, and energetic values of maize, wheat and rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 14, 949-955.
23. Getachew, G., Makkar, H.P.S. & Becker, K. (2002). Tropical browses: content of phenolic compounds, In vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acids and in vitro gas production. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 139, 341-352.
24. Givens, D.I., Owen E., Omed, H.M. & Axford, R.F.E. (2000). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition.* CABI. Wallingford. UK.
25. Goelema, J.O., Spreeuwenberg, M.A.M., Hof, G., Van der poel, A. & Tamminga, S. (1998). Effect of pressure toasting on the rumen degradability and intestinal digestibility of whole and broken peas, lupins and faba beans and a mixture of these feedstuffs. *Animal Feed Science & Technology*, 76, 35-50.
26. Habiba, R. A. (2002). Changes in anti nutrients, protein solubility, digestibility and HCL extrability of ash and phosphorus in vegetable peas as affected by cooking methods. *Food Chemistry*, 77, 187-192.
27. Kaasova, J., Hubackova, B., Kadlec, P., Prihoda, J. & Bubnik, Z. (2002). Chemical and biochemical changes during microwave treatment of wheat. *Czech Journal of Food Science*, 20, 74-78.
28. Kadlec, P., Kaasova, J., Dostalova, J., Zatopkova, M., Hosned, V. & Hrachovinova, J. (2002). Microwave treatment on drying of germinated pea. *Czech Journal of Food Science*, 20, 23-30.
29. Kala, B.K. & Mohan, V.R. (2012). Effect of microwave treatment on the antinutritional factors of two accessions of velvet bean, *Mucuna pruriens* (L.) DC. var. utilis (Wall. ex Wight) Bak. Ex Burck. *International Food Research Journal*, 19, 961-969.
30. Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Ozkan, C.O. & Kizilsimsek, M. (2005). Determination of nutritive value of wild mustard, sinapsis arvensis harvested at different maturity stages using in situ and in vitro measurements. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 18, 1249-1254.

31. Khalilvandi-Behroozyar, H., Dehghan-Banadaki, M. & RezaYazdi, K. (2009). Removal of tannins can cause improvements in ruminal cell wall degradation and total tract apparent NDF digestibility of Sainfoin (Onobrychis vicifolia*). EAAP Annual Meeting, Barcelona, Spain*. pp. 589
32. Leach, H.W. (1965). Gelatinization of starch. In: Starch, Chemistry and Technology, Academic Press, New York.
33. Lykos, T. & Varga, G.A. (1995): Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situ *Journal of Dairy Science*, 78, 1789-1801.
34. Maheri, N., Egbali, M., Aghazadeh, A., Mirzaei, A. & Golshani, A. (2011). Effects of Microwave Irradiation on Ruminal Protein Degradation of Tomato Pomace. *International Journal of Animal & Veterinary Advances*, 3, 177-181.
35. Maheri-Sis, N., Eghbali-Vaighan, M., Mirza-Aghazadeh, A., Shaddel-Telli, A.A., Mirzaei-Aghsaghali, A. & Aghajanzadeh-Golshani, A. (2011). Effects of Microwave Irradiation on Ruminal Protein Degradation of Tomato Pomace. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3, 177-181.
36. Makkar, H.P.S. & Singh, B. (1992). Detannification of oak (Quercus incana) leaves: treatments and their optimization. *Animal Feed Science & Technology*, 36, 113-127.
37. Makkar, H.P.S. (2000). Quantification of Tannins in Tree Foliage: A laboratory manual for the FAO/IAEA Co-ordinated Research Project on 'Use of Nuclear and Related Techniques to Develop Simple Tannin Assays for Predicting and Improving the Safety and Efficiency of Feeding Ruminants on Tanniniferous Tree Foliage'. IAEA, VIENNA.
38. McAllister, T.A., Cheng, K.J., Beauchemin, K.A., Bailey, D.R.C., Pickard, M.D. & Gilbert, R.P. (1993). Use of lignosulfonate to decrease the rumen degradability of canola meal protein. *Canadian Joournal of Animal Science*, 73, 211-215.
39. McDonald I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the ruminal. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 96, 251-252.
40. Menke, K.H. & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research & Development*, 28, 7-55.
41. Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibil-ity and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor.*Journal of Agricultural Science Cambridge*, 93, 217-222.
42. Moore, J. A., Poore M. H., Eck T. P., Swingle R. S., Huber J. T. & Arana M.J. (1992). Sorghum grain processing and buffer addition for early lactation cows. *Journal of Dairy Science*, 75, 3465- 3472.
43. Moshtaghi, Nia S. A. & Ingalls, J. R. (1995). Influence of moist heat treatment on ruminal and intestinal disappearance of amino acids from rapeseed meal. *Journal of Dairy Science*, 78, 1552-1560.
44. Mustafa, A.F., Chouinard, Y.P., Ouellet, D.R. & Soita, H. (2003). Effects of moist heat treatment on ruminal nutrient degradability of sunflower seed. Journal of Science of Food & Agriculture, 83, 1059-1064.
45. National Research Council. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev ed, *National Academy of Science, Washington, DC.*
46. Orskov, E.R. & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 92, 499-503.
47. Parand, E. & Taghizadeh, A. (2011). Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of inocola. *Animal Science Research*, (University of Tabriz). 20-4, 1-13. (in Farsi)
48. Pena, F., Tagari, H. & Satter, L.D. (1986). The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 62, 1423-1432.
49. Pfeffer, E. & Hristov, A.N. (2005). Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle: Reducing the Environmental impact of cattle operation. CABI. Wallingford. UK.
50. Prestlùkken, E. (1999). In situ ruminal degradation and intestinal digestibility of dry matter and protein in expanded feedstuffs. *Animal Feed Science & Technology*, 77, 1-23.
51. Ramachndran, S. & Ray, A.K. (2008). Effect of different processing techniques on the nutritive value of grass pea, *Lathyrus sativus* L., seed meal in compound for indan major carp rohu, lab eorohita (Hamil ton), fingerlings. *Journal of Polish Fisheries*, 16, 189-202.
52. Rezaei, N., Salamat doust-Nobar, R., Maheri Sis, N., Salamatazar Namvari, M., Goli, S. & Aminipour, H. (2011). Evaluation Effect of Some Plant Extracts on Degradibility of Soybean Meal With Gas Product Technique. *Annals of Biological Research*, 2, 224-22.
53. Sadeghi, A.A. & Shawrang, P. (2006a). Effect of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitrodigestibility of canola meal. *Animal Feed Science and Technology*, 127, 45-54.

54. Sadeghi, A.A. & Shawrang, P. (2006b). Effects of microwave irradiation on ruminal protein and starch degradation of corn grain. *Animal Feed Science and Technology*, 127, 113-123.
55. Sadeghi, A.A. & Shawrang, P. (2008). Effect of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. *Animal Feed Science and Technology*, 141, 184-194.
56. SahebiAla, M., Kafilzadeh, F. & Heidary, M. (2012). The effect of physical and chemical treatments of canola seed on crude protein fractions using CNCPS model. In: *Proceedings of 5th Iranian Congress On Animal Science*, 8-9 Aug,Isfahan University, Isfahan, Iran, pp. 258-263.
57. Saleh, A.A. & El-Adawy, T.A. (2006). Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition Analysis*, 19, 806-812.
58. SAS. (2002). Version 9.1 SAS/STAT user's guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
59. Shannak, S., Südekum, K. H. & Susenbeth, A. (2000). Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. *Animal Feed Science & Technology*, 85, 195-214.
60. Tagliapietra, F., Cattani, M., Hansen, H.H., Hindrichsen, I.K., Bailoni, L. & Schiavon, S. (2011). Metabolizable energy content of feeds based on 24 or 48 h in situ NDF digestibility and on in vitro 24 h gas production methods. *Animal Feed Science and Technology*, 170, 182-191.
61. Theodorou M. K., Williams B. A., Dhanoa M. S., McAllan A. B. & France J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science & Technology*, 48, 185-197.
62. Theurer C.B. (1986). Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, 63, 1649-1662.
63. Thomas R., Tripathi R., Kamat S. D. & Kamat D. V. (2012). Comparative study of phenolics and antioxidant activity of phytochemical of T.CHebula extracted using microwave and ultrasoniation. IJPSR, Vol. 3: 194-197.
64. Van Soest, P.J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant.Second Edition. Cornel University. Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
65. Van Straalen, W. & Tamminga, S. (1990). Protein degradation of ruminant diets, in: Wiseman, J., Cole, D.J.A. (Eds.), *Feedstuff Evaluation. Butterworths*, London, UK, pp. 55-72.
66. Vanzant, E. S., Cochran, R. C. & Titgemeyer, E. C. (1998). Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*, 76, 2717-2729.
67. Voragen, A. G. J., Gruppen, H., Marsman, G. J. P. & Mul, A. J. (1995). Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: Garnsworthy, P.C., Cole, D.J.A. (Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, UK, Pp. 93-126.
68. Williams, M. R. & Bowler, P. (1982). Starch gelatinization – a morphological study of Triticeae and other starches. *Starch*, 34, 221-223.
69. Zhao, S., Xiong, S., Qiu, C. & Xu, Y. (2007). Effect of microwaves on rice quality. *Journal of Stored Product Research*, 43, 496-502.
70. Zinn, K. A., Montano, M. & Shen, Y. (1996). Comparative feeding Value of huless vs. Covered barley for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 74, 1187-1193.

Iranian Journal of Animal Science, Vol. 46, No. 3, Autumn 2015

Effect of heat treatments on chemical composition, *in situ* degradability and *in vitro* fermentability of chick pea pre-cleaning wastes

Fatemeh Shamee[1], Rasool Pirmohammadi[2] and Hamed Khalikvandi Behroozyar[3*]
1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Animal Sicence, University of Urmia, Iran
(Received: Sep. 16, 2014 - Accepted: Sep. 2, 2015)

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effects of different heating treatments (Autoclaving, roasting, steam flaking and Microwave irradiation) on chemical composition, anti- nutritional compounds (tannin and phenolic), *in situ* dry mater (DM) and crude prate in (CP) degradability. Three fistulated bull in a complete randomized block design and *in vitro* gas production kinetics (complete randomized design, 3 different runs, 3 replication for each of treatments) pre cleaninig chick pea wastes were used. Unprocessed and wastes (control) had DM (g/100 g), CP (%DM) and ash (%DM) content of 89.2, 26.1 and 2.26, respectively, in situ DM and CP effective degradability (g/100 DM & CP, respectively, k=0.02), digestible OM (g/100 g) and microbial protein yield (g/kg DOM) was 65, 79.5, 52 and 62.7, respectively. Heat treatments significantly ($P<0.05$) reduced soluble protein fraction, resulted in lower QDP, microbial protein yield and the higher amount of protein passing into the small intestine in compare to control group. Microwave irradiation had higher efficiency in reduction of tannins and phenolic compounds and lowest effective protein degradability was belonged to autoclaved materials. Roasting had higher efficiency in reducing QDP, without negative effects on OMD and ME estimates. According to the obtained results, cost and availability of processing, roasting is the best of processing method to reduce the rate of protein degradation in the rumen. In vivo experiments are needed for more evaluation of processing efficiency and economical values of chick pea pre cleaninig wastes in ruminants' nutrition.

Keywords: degradability, microwave irradiation, steam flaking, tannin.

* Corresponding author E-mail: Hamed.khalilvandi@gmail.com, H.khalilvandi@urmia.ac.ir Tel: +98 914 4106484