



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان

جلد پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۶

<http://ejrr.gau.ac.ir>

بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی، روند تجزیه پذیری شکمبه‌ای و هضم روده‌ای نشاسته و پروتئین خام پروتئین وارسته‌های مختلف دانه جو پرتوتابی شده با مایکروویو

الناز پیرعدل^۱، رسول پیرمحمدی^۲ و حامد خلیل‌وندی بهروزیار^۳

^۱دانشجوی دکتری، ^۲دانشیار و ^۳استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: پرتوتابی ریزموج نوعی عمل‌آوری حرارتی برای کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام، نشاسته و افزایش پروتئین عبوری به روده کوچک در جهت بهبود تخمیر شکمبه‌ای غلات می‌باشد. این پژوهش در راستای بررسی روند تجزیه-پذیری نشاسته و پروتئین خام ارقام مختلف دانه جو پرتوتابی شده با ریزموج و نحوه توزیع پروتئین در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل و سیستم پروتئین قابل متابولیسم انجام شد.

مواد و روش‌ها: تعیین ترکیبات شیمیایی با آسیاب آزمایشگاهی با الک ۱ میلی‌متری آسیاب و غلظت ماده خشک، ماده آلی پروتئین خام (دستگاه‌های کجلدال^۱)، چربی خام با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC (۲۰۰۰)، نشاسته به روش آنتروم (۴۴) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (سیستم آنکوم^۲) و الیاف محلول در شوینده اسیدی با روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری (سه تکرار) شد. ارقام جو ماکویی، بهمن آبی و سهند به مدت ۲، ۴ و ۶ دقیقه در معرض تابش پرتو ریزموج (مایکروویو) قرار گرفتند. کتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک، نشاسته و پروتئین نمونه‌های خوراکی به-روش کیسه‌های نایلونی با استفاده از سه رأس گوساله نر نژاد هلشتاین مجهز به فیستولای قابل انعطاف شکمبه‌ای در ساعات ۰، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تعیین شد. توزیع پروتئین بر اساس سیستم پروتئین قابل متابولیسم بر اساس معادلات مربوطه تعیین و میزان حلالیت پروتئین در بافرهای مختلف به‌منظور فهم نحوه توزیع بخش‌های مختلف پروتئین در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل (CNCPS) تعیین شد. علاوه بر این اثر پرتوتابی بر نحوه توزیع کربوهیدرات‌های دانه جو در این سیستم مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی، الیاف محلول در شوینده اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی ارقام مختلف دانه جو کاهش یافت به طوری که در مدت زمان ۶ دقیقه کمترین میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی، الیاف محلول در شوینده اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و چربی خام مربوط به رقم سهند بود. نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر کاهنده و معنی‌دار پرتوتابی در زمان‌های مختلف بر میزان نشاسته و پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه

*مسئول مکاتبه: r.irmohammadi@urmia.ac.ir

1- Foss Auto analyzer 1030

2- Fibertech 1010Foss

و وجود اختلاف معنی‌داری بین ارقام مختلف مورد بررسی از این نظر بود. در بین ارقام مختلف مورد مطالعه، فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری رقم جوی سهند بیش از سایر ارقام تحت تأثیر عمل‌آوری قرار گرفت. تفاوت بین ارقام مختلف در پاسخ به عمل‌آوری را می‌توان بازتابی از میزان پوسته، نشاسته و پروتئین خام و توزیع متفاوت نشاسته در بخش‌های مختلف دانه دانست. افزایش زمان پرتوتابی سبب افزایش تأثیرگذاری آن بر فراسنجه‌های مختلف مورد ارزیابی در ارتباط با تجزیه‌پذیری پروتئین خام و نشاسته شد. عمل‌آوری ارقام مختلف دانه جو با پرتوهای ریزموج سبب کاهش معنی‌دار میزان پروتئین محلول، کاهش نیتروژن غیرپروتئینی و افزایش در مقادیر پروتئین و نشاسته بالقوه قابل دسترس در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل شد. باین‌حال، افزایش زمان پرتوتابی سبب افزایش مقادیر پروتئین متصل به دیواره سلولی و افزایش معنی‌دار پروتئین غیرقابل دسترس شد ولی تأثیری بر مقادیر نشاسته قابل دسترس نداشت. برخلاف نتایج آزمون سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل، پرتوتابی تأثیر منفی بر گوارش‌پذیری پس شکمبه‌ای پروتئین خام ارزیابی شده بر اساس روش سه مرحله‌ای آنزیمی نداشت ولی میزان گوارش‌پذیری نشاسته را تحت تأثیر قرار داد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تفاوت در پاسخ ارقام مختلف جو به پرتوتابی با امواج ریزموج و لزوم انجام آزمون درون‌تنی بود. به‌نظر می‌رسد بر اساس نتایج ارائه شده، بهترین پاسخ در تأثیرگذاری بر فراسنجه‌های ارزش غذایی در راستای بهبود تخمیر شکمبه‌ای، تجزیه‌پذیری پروتئین، نشاسته و افزایش مقادیر نشاسته و پروتئین گوارش‌پذیر ورودی به روده باریک را می‌توان مربوط پرتوتابی به‌مدت ۴ دقیقه در ارقام مختلف دانست.

واژه‌های کلیدی: پروتئین قابل‌متابولیسم، نشاسته، غلات، عمل‌آوری حرارتی، تجزیه‌پذیری، CNCPS

مقدمه

طی دهه‌های قبل، افزایش درآمد سرانه و افزایش سطح سواد و آگاهی مردم نسبت به نقش پروتئین‌های حیوانی در تغذیه و سلامت انسان، منجر به افزایش مصرف پروتئین حیوانی با تصاعد هندسی شده است. این‌درحالی است که تولید آن با تصاعد عددی افزایش پیدا کرده است (۱۴). جو یک غله با انرژی متوسط بوده و در مقایسه با ذرت و گندم، دارای مقادیر کم‌تر نشاسته، لیاف بیشتر و انرژی قابل متابولیسم کمتری بوده و مقدار پروتئین خام آن بین ۱۱ تا ۱۶ درصد ماده خشک متغیر است. مطالعات زیادی نشان داده است که استفاده از جو در جیره نشخوارکنندگان، باعث بهبود عملکرد می‌شود. یارمیسو و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که استفاده از دانه جو در جیره گاوهای گوشتی و شیری، نرخ رشد و تولید شیر را افزایش می‌دهد. بررسی‌ها نشان داده است که بین ۸۰ درصد تا ۹۰ درصد از نشاسته جو در شکمبه تجزیه می‌گردد. در حالی که این میزان برای ذرت در حدود ۵۵ الی ۷۰ درصد است (۱۴). بنابراین به‌طور نسبی مقدار کمتری از جو نسبت به ذرت ممکن است به روده باریک برسد. در ضمن بالا بودن سرعت تخمیر نشاسته جو در شکمبه میزان بروز نفخ، اسیدوزیس، لنگش و آبسه‌های کبدی را افزایش می‌دهد (۶۰). عمل‌آوری خوراک یکی از عوامل مهم و مؤثر بر مصرف و قابلیت هضم خوراک است. عمل‌آوری و تغییر در اندازه ذرات خوراک می‌تواند بر برخی از صفات تولیدی و عملکردی دام و متابولیت‌های شکمبه تأثیر بگذارد (۱۲). عمل‌آوری غلات می‌تواند نرخ و میزان هضم مواد مغذی را بهبود بخشد (۲۶). عمده‌ترین ماده مغذی در دانه‌های غلات، نشاسته است. با توجه به این‌که تجزیه‌پذیری نشاسته در شکمبه در بین انواع غلات متفاوت می‌باشد، به‌نظر می‌رسد که پاسخ به عمل‌آوری نیز در بین آن‌ها

متفاوت باشد. این ناهمگنی می‌تواند به تفاوت در بخش‌های کریستالینه منابع نشاسته و یا ارتباط بین نشاسته و شبکه پروتئینی دربرگیرنده گرانول‌های نشاسته مربوط گردد (۵۵). هدف اولیه در روش‌های مختلف عمل‌آوری غلات، فراهم نمودن دسترسی آنزیم‌های میکروبی به محتوای آندوسپرم دانه و افزایش میزان گوارش‌پذیری دانه تغذیه شده به حیوان است. با این‌حال، هدف عمده از عمل‌آوری غلات در تغذیه نشخوارکنندگان به ویژه گاوهای شیرده پر تولید، بهینه‌سازی مقادیر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته و پروتئین، افزایش قابلیت هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش و افزایش تجزیه‌پذیری لیاف در شکمبه است (۳۵). در برخی از روش‌های عمل‌آوری غلات، پوسته لیافی احاطه کننده سطح دانه که در برابر هضم میکروبی و آنزیمی در شکمبه مقاوم است، تا حدی از بین رفته و در نتیجه بخش نشاسته‌ای بیشتر در دسترس میکروب‌ها قرار گرفته و سبب افزایش نرخ هضم نشاسته در شکمبه می‌شود. اگرچه عمل‌آوری برای افزایش مصرف غلات در گاوهای شیری ضروری است اما در اثر عمل‌آوری بیش‌ازحد، تجزیه‌پذیری نشاسته در شکمبه افزایش یافته که اغلب سبب کاهش مصرف خوراک در نشخوارکنندگان می‌شود (۵۷). بنابراین می‌توان گفت در برخی از نظام‌های عمل‌آوری غلات، هدف افزایش سرعت تخمیر در شکمبه است. در حالی که برخی دیگر از روش‌های عمل‌آوری با هدف کاهش تجزیه‌پذیری نشاسته در شکمبه و افزایش ورود نشاسته قابل هضم به روده انجام می‌شود. هدف از عمل‌آوری غلات بهبود قابلیت دسترسی شکمبه‌ای انرژی و نشاسته از طریق افزایش مقدار هضم کربوهیدرات‌ها همراه با کنترل سرعت هضم آن‌ها است (۱۱). در حالت کلی، هدف نهایی از عمل‌آوری غلات افزایش میزان هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش در کنار بهینه نمودن

(۵). پرتوتابی دارای مزایایی از جمله عدم تغییر طعم و رنگ خوراک، کاهش قابل توجه عوامل بیماری‌زا و غیره نسبت به سایر روش‌هاست. هم‌چنین در روش پرتوتابی، کاهش کیفیت مواد مغذی بسیار کمتر از سایر روش‌هاست (۳). آب به‌دلیل داشتن طبیعت دوقطبی، مولکول اصلی تحت تأثیر امواج به‌شدت شروع به چرخیدن می‌کند که این امر موجب زیاد شدن برخورد مولکول‌ها و در نهایت تولید گرما به‌صورت یکسان در سطح و درون ماده خوراکی می‌شود. در این روش به‌علت نفوذ امواج کوتاه در ساختارهای درونی مواد خوراکی حرارت یکنواخت ایجاد شده و به‌دلیل تبدیل شدن کامل انرژی الکترومغناطیس به حرارت، بازده این روش نزدیک به ۱۰۰ درصد است (۳۶). صادقی و شورنگ (۲۰۰۶) بیان کردند که مکانیسم حفاظتی پروتئین‌ها از تجزیه شکمبه‌ای در خوراک‌های عمل‌آوری شده توسط حرارت بسیار پیچیده بوده و ممکن است واکنش‌های شیمیایی از قبیل واکنش میلارد که در طول عمل‌آوری حرارتی ایجاد می‌شود، مسئول کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای باشد. این واکنش‌ها باعث تبدیل پروتئین خوراک به ترکیباتی مقاوم به تجزیه در شکمبه می‌شوند.

باوجود انجام تحقیقات قابل توجهی در خصوص اثر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ارزش غذایی دانه جو، تحقیقات بسیار کمی در خصوص اثر نوع واریته در پاسخ به عمل‌آوری وجود دارد. با این حال، گزارشی در ارتباط با نحوه پاسخ ارقام مختلف دانه جو به پرتوتابی با امواج ریزموج در خصوص ویژگی‌های هضمی نشاسته و پروتئین و خصوصیات مختلف فیزیکی و شیمیایی آن وجود ندارد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات پرتوتابی ریزموج بر فراسنجه‌های ارزش غذایی نشاسته و پروتئین سه واریته معمول مورد مصرف جو در استان آذربایجان

فرایند تخمیر، تجزیه‌پذیری و هضم نشاسته در بخش‌های مختلف دستگاه گوارش، کاهش خطر ابتلا به اسیدوز شکمبه‌ای و کاهش میزان ورود غلات قابل تخمیر هضم نشده به بخش‌های انتهایی دستگاه گوارش است (۲۹). با توجه به بالاتر بودن سرعت تجزیه‌پذیری نشاسته جو در شکمبه در مقایسه با ذرت و افزایش احتمال خطر اسیدوز شکمبه‌ای در مواقع مصرف مقادیر بالای جو در جیره غذایی، روش‌های مختلف عمل‌آوری جو با هدف کاهش سرعت و مقادیر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مؤثر نشاسته دانه جو توسعه یافته‌اند. باوجود مقادیر نه‌چندان زیاد پروتئین خام دانه جو، مقادیر بالای مصرف آن در قالب جیره‌های غذایی گاوهای شیری، سهم آن از تأمین پروتئین موردنیاز گاوهای شیری پرتولید را قابل توجه نموده است. بنابراین هم‌زمان با توجه به تأثیر عمل‌آوری‌های مختلف بر تجزیه‌پذیری ماده خشک و نشاسته، توجه به فراسنجه‌های مرتبط با تجزیه‌پذیری و عبور پروتئین دانه جو اهمیت زیادی خواهد داشت. ارقام مختلف دانه‌های جو در جرم حجمی توده‌ای و محتوای شیمیایی (۸) و قابلیت تجزیه‌پذیری (۱۹) با یکدیگر تفاوت دارند. مواد خوراکی مختلف دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوتی هستند و اثر متقابل این ویژگی‌ها در مورد استفاده قرار گرفتن آن‌ها نقش زیادی دارد. با این حال تحقیقات زیادی در ارتباط با تأثیر نوع رقم در پاسخ به عمل‌آوری‌های مختلف وجود ندارد. بیشتر روش‌های عمل‌آوری دانه‌های غلات مستلزم استفاده از حرارت، عوامل شیمیایی و یا ترکیبی از حرارت و عوامل شیمیایی است (۱۳). باوجود نتایج مختلف حاصل از روش‌های مختلف عمل‌آوری، عمده روش‌های عمل‌آوری غلات سبب بهبود ارزش غذایی، خوش‌خوراکی و گوارش‌پذیری آن‌ها شده و مقدار مصرف و ساختمان فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را در جهت مطلوب تغییر می‌دهد

عمل‌آوری‌های مختلف، سه زیر نمونه از نمونه کلی به ازای هر روش عمل‌آوری تهیه و به‌عنوان تکرار آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت.

هریک از نمونه‌های خوراکی در ایستگاه پژوهشی گروه علوم دامی دانشگاه ارومیه با آسیاب چکشی با غربال دو میلی‌متری آسیاب شده و برای انجام پرتوتابی، و میزان رطوبت نمونه‌های آسیاب شده (با احتساب ماده خشک نمونه‌ها) با افزودن آب دیونیزه به ۲۵ درصد افزایش یافته و به مدت ۲، ۴ و ۶ دقیقه در داخل محفظه ریزموج با قدرت ۹۰۰ وات و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز به روش پیشنهادی پرند و تقی‌زاده (۲۰۱۱) پرتوتابی شدند.

ترکیب شیمیایی: کلیه نمونه‌ها به‌منظور تعیین ترکیب شیمیایی با آسیاب آزمایشگاهی با الک ۱ میلی‌متری آسیاب و غلظت ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام (دستگاه‌های کج‌دال^۲) و عصاره اتری با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC (۲۰۰۰) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (سیستم آنکوم^۳) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش ون سوست و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری (سه تکرار) شد.

خصوصیات فیزیکی

جرم حجمی توده‌ای^۴: جرم حجمی عبارت است از وزن ماده به حجم آب جایگزین شده با آن. جرم حجمی توده‌ای نیز معادل با وزن نمونه (میلی‌گرم) بر حجم اشغال شده (میلی لیتر) است. جرم حجمی توده‌ای با روش مونتگومری و بومگارد (۳۳) اندازه‌گیری شد. یک استوانه مدرج به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر با نمونه (آسیاب شده با الک ۱ میلی‌متری) خشک شده در آن تا حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر پر شد و

غربی در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از تکنیک کیسه‌های ناپلونی و روش‌های مرجع آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرا و حیوانات مورد استفاده در آزمایش: این پژوهش در ایستگاه آموزشی و تحقیقاتی و آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه صورت گرفت. به‌منظور انجام آزمایش‌های مربوط به تجزیه‌پذیری از سه رأس گوساله نر اخته هلستاین با میانگین وزن 520 ± 5 کیلوگرم و ۴ ساله مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. جیره مصرفی با استفاده از نرم‌افزار (CNCPS V5) تنظیم و در سطح ۱۰ درصد بالاتر از نیاز انرژی نگهداری (AFRC, ۱۹۹۵)^۱ در دو وعده برابر صبح و عصر در ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۸:۰۰ در اختیار حیوانات قرار گرفت. جیره مصرفی شامل یونجه خردشده، ذرت علوفه‌ای سیلوشده و ترکیب کنسانتره‌ای با ۱۸ درصد پروتئین خام به نسبت ۱ به ۱ علوفه به کنسانتره بود. حیوانات در جایگاه انفرادی نگهداری شدند و آب و سنگ نمک در طول شبانه‌روز به‌صورت اختیاری در دسترس آن‌ها قرار گرفت.

تهیه نمونه آزمایشی و عمل‌آوری: سه رقم جو به اسامی بهمن‌آبی، سهند و ماکویی از مرکز تحقیقات اصلاح نژاد و بذر کشور و کارخانجات خوراک دام استان‌های آذربایجان شرقی و غربی بر اساس روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده، تهیه شدند. از هر کارخانه حدود ۵ کیلوگرم نمونه تهیه شده و اندازه هرکدام از نمونه‌های تهیه شده پس از همگن‌سازی برابر با پنج کیلوگرم در نظر گرفته شد. به‌منظور انجام

2- Foss Auto analyzer 1030
3- Fibertech 1010Foss
4- BD (Bulk density100)

1- AFRC (Agriculture and Fisheries Research Council)

قبل از خوراک‌دهی صبح بود و کیسه‌ها در زمان‌های ۰، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت از شکمبه خارج شدند. چهار کیسه برای هر زمان انکوباسیون در شکمبه هر گاو قرار گرفت. کیسه‌ها بلافاصله پس از خارج شدن از شکمبه در آب سرد قرار داده شده و با دست به‌روش پیشنهادی کوبلتز و همکاران (۱۹۹۷) به مدت ۲۰ دقیقه و تا صاف شدن آب خروجی از سطل، شستشو شدند. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه همانند کیسه‌های خارج شده از شکمبه شسته شدند. کیسه‌ها پس از شستشو، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شدند. به‌منظور اطمینان از عدم وجود تأثیر تغییرات روزانه در ترکیب مایع شکمبه و مقادیر تجزیه‌پذیری فرایند انکوباسیون کیسه‌ها در دو هفته متوالی تکرار شد. مقادیر پروتئین خام و نشاسته در نمونه‌های پیش و پس از انکوباسیون به‌ترتیب با استفاده از سیستم کجلدال (۱) و هضم اسیدی و استفاده از آنترون اندازه‌گیری شد (۴۴). فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و میزان تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های مختلف عبور از شکمبه با استفاده از معادلات غیرخطی ارسکف و مک دونالد (۱۹۷۹) و مک دونالد (۱۹۸۱) با استفاده از PROC NLIN نرم‌افزار آماری SAS ۹/۴ تعیین شدند. به‌منظور برآورد مقادیر پروتئین قابل‌تجزیه سریع در شکمبه، پروتئین قابل‌تجزیه آهسته در شکمبه، پروتئین قابل‌تجزیه مؤثر در شکمبه، کل پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه و پروتئین غیر قابل‌تجزیه در شکمبه از معادلات AFRC (۱۹۹۵) با استفاده از نرم‌افزار کمکی اکسل تعیین شدند.

سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل و میزان گوارش‌پذیری روده‌ای پروتئین خام به‌منظور ارزیابی اثر عمل‌آوری بر توزیع نیتروژن در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل از روش

به‌مدت ۵ ثانیه چرخانده و حجم و وزن نهایی اندازه‌گیری شد (جرم حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتر).

ظرفیت نگهداری آب^۱: برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب از روش فیلترکردن استفاده گردید (۴۰). مقدار ۲/۵ گرم نمونه (آسیاب شده با الک ۱ میلی‌متری) به مدت ۱۶-۲۴ ساعت در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر خیسانده شد سپس نمونه با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۱ صاف گردید. وزن نمونه‌تر پس از سپری شدن ۱۰ دقیقه ثبت گردید (۲۰).

قابلیت انحلال ماده خشک و خاکستر: نمونه صاف شده که پس از عبور از صافی جمع‌آوری شده بود به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه در آون خشک، توزین و سپس در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکسترگیری شد. در نهایت میزان حلالیت ماده خشک، خاکستر و ماده‌آلی به‌صورت درصدی از وزن اولیه نمونه محاسبه شد (۲۰).

تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته: به‌منظور تعیین ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته نمونه‌ها، قبل و پس از عمل‌آوری از ۳ رأس گوساله نر فیستوله‌گذاری شده نژاد هلشتاین بر اساس روش استاندارد شده و نوزاد همکاران (۵۹) استفاده شد. برای تعیین میزان تجزیه‌پذیری از کیسه‌های پلی‌استر با ابعاد ۱۸×۸ سانتی‌متر، با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر استفاده شد. مقدار ۵ گرم از نمونه‌های آسیاب شده (با قطر توری ۲ میلی‌متر) در داخل کیسه‌های نایلونی ریخته شد تا نسبت اندازه 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 قرار دادن نمونه‌ها در شکمبه بلافاصله

1- WHC (Water holding capacity)

حذف شد. به منظور ارزیابی آماری این داده‌ها به استثنای داده‌های کنتیک از رویه مدل خطی تعمیم‌یافته^۱ (GLM) نرم‌افزار SAS ۹/۴ (۲۰۰۲) استفاده شد. میانگین حداقل مربعات تیمارها در رویه GLM با استفاده از تصحیح توکی و در سطح احتمال آماری ۹۵ درصد ($P < 0.05$) باهم مقایسه شدند. برای تعیین تمایل میانگین‌ها به تغییر در صورت معنی‌دار نبودن، از سطح آماری ۹۰ درصد ($P < 0.1$) استفاده شد. در آنالیز کنتیکی فرایند تجزیه‌پذیری، اثر زمان انکوباسیون (ساعت) به‌عنوان عامل تکرارشونده و اثر متقابل زمان انکوباسیون و نوع عمل‌آوری به مدل آماری افزوده شده و آنالیز آماری با استفاده از رویه مختلط نرم‌افزار SAS ۹/۴ انجام و از ساختار کواریانس نوع اول^۲ استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین حداقل مربعات و خطای استاندارد^۳ مربوطه در گزارش شده و تصحیح داده‌ها با استفاده از آزمون توکی و مقایسه میانگین‌ها با گزینه PDIFF در سطح احتمال آماری ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی: تغییرات ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی دانه جو در اثر عمل‌آوری به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان شده است. تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده‌آلی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی ارقام مختلف دانه جو کاهش ($P < 0.05$) یافت به‌طوری که در مدت زمان ۶ دقیقه کمترین میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده‌آلی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و چربی خام مربوط به رقم

استاندارد شده لیسترا و همکاران (۱۹۹۶) استفاده شد. بخش نیتروژن غیرپروتئینی با استفاده از تری کلرواستیک اسید و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با روش ون‌سوست و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از آنزیم آلفا-آمیلاز مقاوم به حرارت، بدون استفاده از سدیم سولفیت و با استفاده از دستگاه خودکار آنکوم تعیین شدند. بقایای نیتروژنی موجود در الیاف نامحلول در شوینده خنثی^۳ و اسیدی^۴ با روش کج‌لدال تعیین و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفتند. به‌منظور تعیین میزان گوارش‌پذیری روده‌ای پروتئین خام و نشاسته از روش گارگالو و همکاران (۲۰۰۶) پس از ۱۲ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای استفاده شد. نمونه‌ها پس از انکوباسیون شکمبه‌ای به‌ترتیب به‌مدت یک ساعت در حمام آبی ۳۹ درجه سانتی‌گراد تحت تأثیر پپسین (Sigma p-7000) و پانکراتین محلول در بافر فسفات هیدروژن پتاسیم (Sigma P-7045) قرار گرفتند. مشخصات کیسه‌های مورد استفاده در این آزمایش مشابه با موارد ارائه شده در بخش تجزیه‌پذیری بود. میزان نیتروژن و نشاسته در بقایای هضمی به‌ترتیب با استفاده از دستگاه کج‌لدال و هضم اسیدی و آنترن تعیین و مقادیر گوارش‌پذیری روده‌ای پروتئین خام و نشاسته تعیین شد. داده‌های مربوط به تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکی، فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، بخش‌های مختلف پروتئین خام با روش تجزیه‌پذیری و ضرایب گوارش‌پذیری روده‌ای نشاسته و پروتئین خام با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور اثر رقم جو و اثر زمان پرتوتابی ریزموج مورد ارزیابی قرار گرفت. در این ارتباط اثر دام به‌عنوان بلوک مورد استفاده قرار گرفت (۳۰) ولی به‌دلیل عدم معنی‌داری و تأثیر بر شاخصه‌های آنالیز از مدل آماری نهایی

1- Generalized Linear Model (GLM)
2- First order autoregressive
3- NDIN

پرتوهای تابیده شده در این روش، به قسمت‌های سطحی خوراک بوده و حرارت کمتری به قسمت داخلی دانه نفوذ کرده در نتیجه میزان تبخیر و خروج رطوبت از ماده خوراکی کاهش یافته و بنابراین میزان ماده خشک هم کاهش می‌یابد. از طرفی چون در اثر عمل‌آوری حرارتی کمپلکس پروتئینی مقاوم ناشی از دناتوره شدن ساختار پروتئین با سایر قسمت‌های مختلف دانه تشکیل شده و می‌توان کاهش ماده خشک را به کاهش میزان پروتئین خام ارتباط داد. همچنین از دلایل دیگر اختلاف در نتایج را می‌توان متفاوت بودن شرایط و میزان رطوبت‌دهی ماده خوراکی قبل از پرتوتابی را بیان کرد.

در سیستم‌های حرارتی مرسوم حرارت غالباً از سطح به داخل خوراک نفوذ کرده و در نتیجه قسمت بیرونی (در اثر حرارت بیش از حد) اغلب پخته شده و قسمت داخلی به‌صورت خام باقی می‌ماند (۶۴) در رابطه با بررسی پرتوتابی ریزموج در جهت تغییر ساختار ذاتی مولکول پروتئین خوراک کمپلکس پروتئینی در معرض خطرات عمل‌آوری حرارتی قرار گرفته که منجر به تشکیل پیوندهای مضاعف با سایر محتویات گیاهی اعم از لیگنین، تانن و محصولات واکنش میلارد می‌شود. پرتوتابی ریزموج منجر به ایجاد تغییرات فیزیکی در ساختار پروتئین و اتصال آن با سایر اجزای خوراک می‌شود جو پوسته‌دار و بدون پوسته می‌گردد و در نتیجه سبب تغییر ارزش غذایی پروتئین می‌شود (۶۴). افزایش در مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی در اثر عمل‌آوری ریزموج پیش از این توسط سایر محققین گزارش شده است (۵۱). بالدوین و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند که گرانول‌های کوچک نشاسته در مقایسه با گرانول‌های بزرگ دارای مقدار لیپید بیشتری هستند و بنابراین عمده لیپیدها در سطح قرار گرفته‌اند که مقدار پروتئین به طرف سطح بیرونی گرانول‌های نشاسته افزایش

سهند بود. علاوه بر این در مقایسه‌های آماری اثر رقم، اثر عمل‌آوری و اثر متقابل رقم و عمل‌آوری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) مشاهده شد. با این حال عمل‌آوری منجر به ایجاد تغییر معنی‌دار در میزان نشاسته موجود در ترکیب دانه جو نشد. کادلک و همکاران (۲۰۰۲) افزایش میزان ماده خشک در اثر پرتوتابی ریزموج را به علت خشک شدن اولیه مواد آزمایشی در محفظه ریزموج دانسته‌اند. شمعی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که پرتوتابی ریزموج باعث افزایش ماده خشک ضایعات لپه پاک کنی شد به طوری که بیشترین مقدار در تیمار ۷ دقیقه مشاهده شد. تفاوت در محتوای ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌های سویای عمل‌آوری شده با اکستروود و برشته کردن به تفاوت در روش عمل‌آوری و اثر حرارت بر تبخیر آب موجود در دانه سویاست. همچنین در اثر حرارت تشکیل کمپلکس پروتئینی با سایر محتویات دانه شده و لذا کاهش میزان ماده خشک در ارتباط با کاهش میزان پروتئین خام خواهد بود (فتاح‌نیا و همکاران، ۲۰۱۴). تأثیر حرارت دادن در میزان پروتئین خام بستگی به میزان رطوبت دانه و دمای مورد استفاده و مدت زمان عمل‌آوری دارد (برودریک و همکاران، ۱۹۹۹). پژوهشگران گزارش کردند که پرتوتابی بر ترکیبات شیمیایی برخی منابع پروتئین گیاهی تغییر معنی‌داری ندارد (طحان و همکاران، ۲۰۱۲؛ ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۰). شورنگ و همکاران (۲۰۱۳) عدم تغییر در میزان ماده خشک، پروتئین خام، چربی، نشاسته و بتاگلوگان جو در اثر پرتوتابی دانه جو در زمان‌های مختلف را گزارش نمودند. با این حال برخی از محققین توانایی امواج ریزموج در حذف آب به‌خصوص آب درون سلولی و درون مولکولی را محدود ارزیابی نموده‌اند (طباطبائی و همکاران، ۲۰۱۵). گزارش شده است که اغلب

علی‌رغم عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین انواع رقم‌ها، انواع عمل‌آوری‌ها و پاسخ رقم به عمل‌آوری در ارتباط با جرم حجمی توده‌ای، پرتوتابی باعث افزایش غیرمعنی‌دار ظرفیت نگهداری آب در ارقام مورد بررسی دانه جو شد. با این حال، تفاوت آماری معنی‌داری بین ارقام مختلف مورد بررسی و پاسخ آن‌ها به عمل‌آوری وجود داشت (جدول ۲). جرم حجمی توده‌ای و ظرفیت نگهداری آب با تعیین جایگاه استقرار مواد خوراکی در شکمبه می‌تواند فرایند هضم و تخمیر را تحت تأثیر قرار دهند (۲۰). مقادیر گزارش شده در این مطالعه در ارتباط با جرم حجمی توده‌ای دانه جو در ارقام مختلف مطابق با گزارش گیگر- ریوردین (۲۰۰۰) بوده ولی کمتر از مقادیر گزارش شده توسط عبدی و همکاران (۲۰۱۱) بود. تفاوت در شرایط مختلف کشت و عوامل مختلف محیطی از جمله از جمله روش‌های آبیاری و دما و تغییرات ترکیب شیمیایی و میزان پوسته را می‌توان از مهمترین دلایل بروز این تفاوت‌ها دانست. پرتوتابی ریزموج باعث کاهش غیرمعنی‌دار قابلیت انحلال ماده خشک و خاکستر در ارقام مورد بررسی شد. با این حال تفاوتی بین ارقام مختلف از نظر پاسخ به عمل‌آوری در ارتباط با این فراسنجه‌ها وجود نداشت. تعیین قابلیت انحلال می‌تواند تخمینی از قابلیت دسترسی مواد مغذی را فراهم آورد. کاهش نسبی قابلیت انحلال در اثر عمل‌آوری حرارتی را می‌توان بازتابی از اثر عمل‌آوری‌های حرارتی در کاهش دسترسی مواد مغذی به دلیل شکل‌گیری ساختارهایی مقاوم به هضم دانست (۵۶).

می‌یابد. پیش از این قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند مرحله برداشت و بوجاری کردن نیز می‌تواند میزان دیواره سلولی را تحت تأثیر قرار دهد. هر گونه آلودگی دانه‌ها با کاه و کلش می‌تواند برآورد بالایی از الیاف خام را منجر شود. ترکیب شیمیایی ارقام جو احتمالاً به دلیل تفاوت در نوع رقم، شرایط محیط رشد و میزان تولید دانه باشد. با استناد به این تفاسیر می‌توان علت کاهش میزان ماده خشک، پروتئین خام، ماده آلی، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و شوینده اسیدی تحت تأثیر عمل‌آوری ریزموج را به دلیل محصور بودن محتویات مواد مغذی دانه جو در ساختار اندوسپرم و ترکیب آن با گرانول‌های نشاسته دانست. علاوه‌بر این کاهش در نتیجه اثرات مخرب عمل‌آوری حرارتی که منجر به واکنش میلارد و تشکیل ماتریکس پروتئینی مقاوم و پیوندهای مضاعف با اجزای دیواره سلولی و لیپیدهای گیاهی رخ داده است. تفاوت در اثر رقم می‌توان مربوط به تفاوت در ترکیبات مواد مغذی دانه جو بسته به ارقام، کوددهی، رشد، برداشت و ذخیره‌سازی دانست به طوری که دانه‌هایی با پوسته مقاوم‌تر بیشتر تحت تأثیر می‌گیرند. تفاوت در نتایج گزارش شده احتمالاً به دلیل تفاوت در نوع ارقام (پوشینه و غیرپوشینه)، شرایط محیطی، مرحله برداشت و روش اندازه‌گیری باشد. ارقام جو بدون پوشینه در مقایسه با ارقام پوشینه‌دار پروتئین خام بیشتر و الیاف خام کمتری دارند، همچنین ارقام سردسیر در مقایسه با ارقام گرمسیر نشاسته و دیواره سلولی بیشتری دارند (۱۷).

جدول ۱- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر ترکیب شیمیایی دانه جو (درصد ماده خشک).

Table 1. The effects of microwave irradiation and variety on chemical composition of barley grain.

الیاف نامحلول	الیاف نامحلول	چربی	پروتئین	نشاسته	ماده آلی	ماده	پرتوتابی	ارقام	
در شوینده	در شوینده	خام	خام	(Starch)	Organic)	خشک	(دقیقه)	(Variety)	
خنثی	اسیدی	Ethere)	Crude)		(Mater	(Dry	Irradiation		
(² NDF)	(¹ ADF)	(Extract	(Protein			Mater)	(min)		
19.94	6.92	1.91	12.03	56.26	97.23	89.90	0	بهمن آبی (Bahman Abi)	
18.71	6.80	1.87	11.63	55.41	96.35	87.16	2		
18.42	6.53	1.78	11.25	56.67	95.53	85.23	4		
18.21	6.41	1.53	10.75	56.42	96.16	82.68	6		
19.92	7.10	2.07	12.10	56.54	97.07	90.17	0	ماکوئی (Makoei)	
19.16	6.92	1.95	11.16	56.19	96.08	88.40	2		
18.74	6.78	1.80	10.85	56.17	95.33	83.87	4		
18.46	6.55	1.64	10.52	56.62	95.30	81.43	6		
19.95	7.22	1.91	11.96	56.22	97.23	90.16	0	سهند (Sahand)	
19.50	7.08	1.85	10.96	56.13	96.18	86.75	2		
18.92	6.89	1.66	10.42	56.87	95.60	83.12	4		
18.52	6.67	1.46	10.08	56.26	95.26	80.15	6		
0.430	0.032	0.015	0.030	0.864	0.143	0.191	SEM		
								<i>P values</i>	
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.694	0.393	<0.0001	Variety		
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.221	<0.0001	<0.0001	Processing		
<0.0001	0.539	0.0007	<0.0001	0.664	0.803	<0.0001	Variety * Processing		

1 Acid detergent fiber, 2 Neutral detergent fiber

جدول ۲- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر خصوصیات فیزیکی دانه جو.

Table 2. Effects of Microwave irradiation and variety on physical characteristics of barley grain.

AS ⁴	DS ³	BD ₁₀₀ ²	WHC ¹	پرتوتابی (دقیقه)	ارقام	
(gr.gr DM)	(gr.gr DM)	(gr.ml DM)	(gr.gr DM)	(Irradiation) (min)	(Variety)	
0.93	0.40	0.58	1.50	0	بهمن آبی (Bahman Abi)	
0.92	0.40	0.57	1.59	2		
0.91	0.40	0.57	1.86	4		
0.89	0.39	0.55	1.94	6		
0.97	0.43	0.59	2.23	0	ماکوئی (Makoei)	
0.95	0.43	0.58	2.35	2		
0.94	0.42	0.57	2.46	4		
0.93	0.41	0.58	2.57	6		
0.93	0.39	0.57	1.79	0	سهند (Sahand)	
0.96	0.37	0.55	1.78	2		
0.93	0.34	0.59	1.77	4		
0.91	0.35	0.57	1.72	6		
0.083	0.064	0.041	0.113	SEM		
					<i>P values</i>	
0.381	0.121	0.283	<0.01	Variety		
0.552	0.215	0.321	0.085	Processing		
0.495	0.332	0.711	0.041	Variety * Processing		

1-Water holding capacity, 2- Bulk density₁₀₀, 3- Dry matter solubility 4- Ash solubility.

است. تجزیه واریانس نشان داد پرتوتابی ریزموج با افزایش زمان انکوباسیون سبب کاهش معنی دار کنتیک تجزیه پذیری ماده خشک ارقام مختلف دانه جو (بهمن آبی، ماکوئی و سهند) شد ($P < 0.05$). تفاوت معنی دار

تجزیه پذیری شکمبه ای ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته: اثر عمل آوری بر کنتیک و فراسنجه های تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین خام ارقام مختلف دانه جو به ترتیب در جداول ۳، ۴، ۵ و ۶ آورده شده

جو (بهمن آبی، ماکوئی و سهند) روند کاهشی داشت ($P < 0/05$). در واقع علت کاهش تجزیه پذیری پروتئین در هر سه رقم دانه جو تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج را می توان ناشی از حرارت ایجاد شده طی این عمل آوری دانست. حرارت سبب دناتورده شدن ساختار پروتئین شده و با تغییر ساختار مولکولی ماتریکس پروتئینی دانه جو قابلیت دسترسی آن توسط میکروارگانیزم های شکمبه را کاهش داده و احتمالاً سبب کاهش حلالیت و قابلیت تجزیه پذیری شکمبه ای پروتئین دانه جو می شود (۳۷). دانه جو غله ای است که در ساختار حای مقادیر زیادی الیاف در قالب پوشینه می باشد (۶۶). با توجه به سرعت بالای تجزیه پوشینه جو در شکمبه، معمولاً مقدار پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه جو پایین گزارش می شود (۱۱؛ ۳۸). حرارت سبب کاهش تجزیه پذیری شکمبه ای پروتئین خام به وسیله تغییر ساختار مولکولی و ساختار حلقوی و تا خوردگی و دناتورده شدن مولکول های پروتئین می شود (۳۷). پرتوتابی ریزموج به مدت ۵ دقیقه سبب کاهش تجزیه پذیری مؤثر شکمبه ای پروتئین خام و افزایش میزان پروتئین عبوری در اثر کاهش میزان بخش با تجزیه پذیری سریع و افزایش بخش با تجزیه پذیری آهسته می شود (۶۴). تصور بر این است که حرارت ناشی از فرایند پرتوتابی سبب کاهش پیوندهای آمیدی، کاهش حلالیت پروتئین و کاهش تجزیه پذیری شکمبه ای پروتئین می شود. ساختمان دوم پروتئین عملکرد آنزیم های گوارشی دستگاه گوارش را تحت تأثیر قرار می دهد (۶۸، ۱۸، ۱۱).

($P < 0/05$) در بین ارقام مختلف دانه جو به لحاظ کاهش کنتیک تجزیه پذیری ماده خشک در ساعات مختلف انکوباسیون مشاهده شد. عمل آوری حرارتی در تمام سطوح سبب کاهش قابل ملاحظه بخش محلول، افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه و سرعت تجزیه پذیری ماده خشک تمام ارقام دانه جو شد. تجزیه پذیری مؤثر ماده خشک در کلیه نرخ های عبور کاهش یافت ($P < 0/05$). به طوری که بیشترین میزان کاهش در نرخ عبور (۰/۰۸) در ساعت برای رقم جو سهند مشاهده شد. داده های مربوط به اثر عمل آوری و اثر متقابل رقم و عمل آوری برای تمامی فراسنجه های تجزیه پذیری اختلاف معنی داری را نشان داد. طبق نتایج به دست آمده، افزایش ساعات انکوباسیون پرتوتابی ریزموج منجر به کاهش معنی دار کنتیک تجزیه پذیری پروتئین ارقام مختلف دانه جو (بهمن آبی، ماکوئی و سهند) شد ($P < 0/05$). مقایسه های آماری نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0/05$) بین زمان های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) بر کنتیک تجزیه پذیری پروتئین دانه های جو است. مقایسه میانگین سطوح مختلف عمل آوری ریزموج نشان داد که عمل آوری به مدت ۶ دقیقه بیشترین تأثیر را بر کاهش تجزیه پذیری پروتئین دارد و در مقایسه با زمان های دیگر عمل آوری به مدت ۶ دقیقه نتیجه بهتری دارد. عمل آوری ارقام جو با ریزموج به مدت ۶ دقیقه در مقایسه با سایر زمان ها کاهش بخش محلول، افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه و کاهش سرعت تجزیه پذیری بخش بالقوه قابل تجزیه شد. میزان تجزیه پذیری مؤثر در اثر پرتوتابی ریزموج در ارقام

جدول ۳- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر کنتیک تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو.

Table 3. Effects of Microwave irradiation and variety on on dry matter degradability kinetics of barley grain.

زمان انکوباسیون (ساعت) Incubation Time (hour)						پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation) (min)	رقم (Variety)
48	24	12	8	4	2		
93.58	91.81	84.31	75.08	54.62	47.20	0	بهمن آبی (Bahman Abi)
92.76	89.01	79.21	68.49	54.44	47.03	2	
90.59	87.19	74.30	66.13	54.82	36.87	4	
90.53	85.26	73.5	65.69	47.44	30.17	6	
95.13	88.21	73.97	63.42	47.12	39.30	0	ماکوئی (Makoei)
94.77	86.59	72.57	60.48	46.52	35.86	2	
93.41	87.63	69.50	58.39	42.62	31.18	4	
93.06	84.12	67.53	58.24	41.94	30.32	6	
95.29	90.75	78.61	68.17	50.58	37.69	0	سهند (Sahand)
93.91	88.62	74.54	64.01	47.69	36.38	2	
93.62	86.37	70.78	60.10	44.42	36.00	4	
92.87	83.89	66.17	56.24	43.19	35.20	6	
0.914	1.033	1.711	1.922	2.021	2.283		SEM
0.0034	0.0907	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0025		<i>P values</i>
0.0145	0.0006	0.0002	0.0041	0.0213	0.0001		Variety
0.8584	0.0016	0.0009	0.0063	0.1788	0.0273		Processing
							Variety * Processing

a: بخش سریع تجزیه b: بخش کند تجزیه، c: سرعت تجزیه پذیری (ساعت) ED: تجزیه پذیری مؤثر.

جدول ۴- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری ماده خشک دانه جو.

Table 4. Effects of Microwave irradiation and variety on dry matter degradability parameters of barley grain.

فراسنجه‌ها parameters						پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation (min)	رقم (Variety)
ED0.08	ED0.05	ED0.03	c (%h ⁻¹)	b (%)	a (%)		
68.56	75.76	85.00	0.085	52.90	38.40	0	بهمن آبی (Bahman Abi)
67.30	73.73	83.83	0.091	56.19	38.19	2	
66.46	72.46	81.70	0.168	62.50	30.72	4	
63.26	71.13	81.60	0.193	67.47	28.17	6	
63.10	70.96	83.53	0.065	66.95	31.08	0	ماکوئی (Makoei)
61.23	69.06	82.36	0.091	72.09	21.83	2	
59.93	68.66	81.76	0.107	77.98	18.19	4	
59.66	68.10	81.26	0.108	78.47	15.14	6	
66.20	73.73	84.30	0.067	71.78	26.04	0	سهند (Sahand)
63.62	71.37	82.85	0.091	72.14	22.38	2	
60.75	68.85	81.73	0.111	72.22	21.38	4	
59.13	67.50	81.15	0.129	73.12	20.94	6	
1.452	1.211	0.880	0.009	3.332	3.251		SEM
<0.0001	0.0003	0.2607	<0.0001	0.1865	0.2436		<i>P values</i>
0.0213	0.0298	0.0977	<0.0001	<0.0001	<0.0001		Variety
0.0983	0.0429	0.1090	<0.0001	0.0002	0.0002		Processing
							Variety * Processing

جدول ۵- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر کنتیک تجزیه پذیری پروتئین خام دانه جو.

Table 5. Effects of Microwave irradiation and variety on crude protein degradability kinetics of barley grain.

زمان انکوباسیون (ساعت)							پرتوتابی (دقیقه)	رقم (Variety)
Incubation Time (hour)								
48	24	12	8	4	2			
94.80	91.36	81.44	74.04	62.61	54.75	0		
84.14	81.43	68.47	51.79	38.12	33.02	2	بهمن آبی	
79.51	78.14	64.56	48.10	36.51	31.41	4	(Bahman Abi)	
70.85	64.49	47.56	33.31	26.75	20.29	6		
94.74	90.50	79.17	67.41	57.10	51.07	0		
82.54	78.20	62.98	49.41	32.24	28.33	2	ماکوئی	
78.57	74.73	60.20	43.35	31.15	27.62	4	(Makoei)	
74.53	70.65	55.71	40.63	29.18	22.94	6		
95.75	90.50	78.29	67.63	54.09	46.52	0		
83.52	78.77	63.27	48.76	39.51	36.19	2	سهند	
78.44	74.46	59.05	43.32	36.18	30.72	4	(Sahand)	
74.60	70.23	54.71	39.47	29.12	26.14	6		
1.252	1.232	1.581	1.963	2.441	1.711		SEM	
							P values	
0.2901	0.8778	0.4943	0.3674	0.3786	0.0450		Variety	
0.0004	0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		Processing	
0.0087	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0011		Variety * Processing	

جدول ۶- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری پروتئین خام دانه جو.

Table 6. Effects of Microwave irradiation and variety on CP degradability parameters of barley grain.

فراسنجه‌ها (parameters)							پرتوتابی (دقیقه)	رقم (Variety)
ED0.08	ED0.05	ED0.3	c (%h ⁻¹)	b (%)	a (%)			
76.96	81.71	88.88	0.108	50.09	44.98	0		
68.78	72.52	79.18	0.098	67.74	18.52	2	بهمن آبی	
67.27	70.20	75.95	0.096	64.22	17.86	4	(Bahman Abi)	
64.03	65.35	68.98	0.068	63.45	11.09	6		
74.84	79.89	88.07	0.091	55.11	40.93	0		
67.57	70.90	77.37	0.093	70.85	13.65	2	ماکوئی	
66.26	68.88	74.64	0.085	67.05	14.21	4	(Makoei)	
65.15	67.06	71.51	0.088	66.24	10.59	6		
74.84	79.99	88.48	0.097	61.44	35.02	0		
67.57	71.00	78.17	0.074	61.43	25.31	2	سهند	
65.95	68.58	74.34	0.076	61.34	20.26	4	(Sahand)	
64.94	66.96	71.61	0.077	63.39	14.35	6		
1.081	1.135	1.216	0.006	2.135	1.218		SEM	
							P values	
0.6672	0.7684	0.5078	0.2077	0.0462	0.0373		Variety	
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		Processing	
<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0004	0.0961	0.0527		Variety * Processing	

کنتیک تجزیه پذیری نشاسته ارقام مختلف دانه جو شد. مقایسه‌های آماری نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) بر کنتیک تجزیه‌پذیری نشاسته دانه‌های جو است. اثر معنی‌دار عمل‌آوری ($P < 0.05$)

اثر عمل‌آوری بر کنتیک و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری نشاسته ارقام مختلف دانه جو به ترتیب در جداول ۷ و ۸ آورده شده است. براساس نتایج حاصل با افزایش ساعات انکوباسیون پرتوتابی ریزموج منجر به کاهش معنی‌داری ($P < 0.05$) بر

در زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری نشاسته برای ارقام مختلف دانه جو مشاهده شد. مقایسه میانگین سطوح مختلف عمل‌آوری ریزموج نشان داد که عمل‌آوری به مدت ۶ دقیقه بیشترین تأثیر را بر کاهش تجزیه‌پذیری نشاسته دارد و در مقایسه با زمان‌های دیگر عمل‌آوری به مدت ۶ دقیقه نتیجه بهتری دارد. عمل‌آوری ارقام جو با ریزموج به مدت ۶ دقیقه در مقایسه با سایر زمان‌ها کاهش بخش محلول، افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه، افزایش سرعت تجزیه‌پذیری بخش بالقوه قابل تجزیه شد. میزان تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور (۰/۰۳، ۰/۰۵، ۰/۰۸) در ارقام جو (بهمن آبی، ماکوئی و سهند) روند کاهشی ($P < 0/05$) داشت. تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج دانه جو احتمالاً براساس حرارت تولیدی سبب ایجاد واکنش میلارد و دناتوره شدن ساختار پروتئین‌ها و ایجاد ماتریکس پروتئینی مقاوم در برابر هیدرولیز آنزیمی و عدم اتصال میکروارگانسیم‌های شکمبه به ماده خوراکی شده و در نتیجه به دلیل محصور شدن گرانول‌های نشاسته دانه جو در ماتریکس پروتئینی حرارت سبب عدم شکسته شدن پیوندهای پپتیدی و عدم دسترسی نشاسته و سایر مواد مغذی خوراک توسط میکروارگانسیم‌های شکمبه شده و در نتیجه منجر به کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته می‌شود. همچنین پرتوتابی ریزموج به دلیل تغییر ساختار مولکول‌های نشاسته سبب کریستاله شدن آن‌ها شده و به این ترتیب منجر به کاهش حلالیت آن و کاهش بخش محلول می‌شود (۴۹).

در پژوهشی تحت تأثیر تیمار حرارتی کاهش در میزان تجزیه‌پذیری در رقم جو سهند بیشتر از رقم جو ماکوئی بود که احتمالاً این تأثیر به ساختار سلولی ارقام مربوط می‌شود (۴۹). برخی از عمل‌آوری‌های حرارتی دانه‌های غلات منجر به تغییر ساختار فیزیکی

و شیمیایی گرانول‌های نشاسته شده و با شکستن پیوندهای هیدروژنی و جذب آب سبب ژلاتینه شدن آن‌ها شده و قابلیت دسترسی آن‌ها برای تجزیه و تخمیر توسط میکروارگانسیم‌ها را افزایش می‌دهد. از طرفی تشکیل اتصالات عرضی بین اسیدهای آمینه و قندهای احیا (واکنش میلارد) و یا اتصالات بین پروتئین‌ها (پیوندهای ایزو-پپتید) (۲۳) و واسرشتی پروتئین‌ها می‌تواند مسئول کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین و نشاسته خوراک تحت تأثیر تیمار حرارتی باشد (۱۵). تغییر در قابلیت هضم پروتئین می‌تواند سبب تغییر خصوصیات هضمی نشاسته نیز شود زیرا گرانول‌های نشاسته دانه جو در یک شبکه پروتئینی قرار دارد و تیمار حرارتی دانه جو سبب کاهش قابلیت هضم نشاسته از طریق افزایش مقاومت شبکه پروتئینی نسبت به هضم پروتئین شده و همچنین سبب کاهش قابلیت دسترسی میکروارگانسیم‌ها به محتوای نشاسته خوراک می‌شود (۴۹). برهم‌کنش شیمیایی بین مولکول‌های نشاسته و گرانول‌های آن با افزایش کریستاله شدن به علت تأثیر عمل‌آوری حرارتی می‌تواند توضیح دیگری برای کاهش حلالیت و تجزیه‌پذیری نشاسته باشد (۴۹). تیمار حرارتی با تشکیل ماتریکس پروتئینی مقاوم به پروتولیت‌ها سبب کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته می‌شود (۴۹). تحت تأثیر تیمار حرارتی ریزموج به مدت ۵ دقیقه سبب افزایش ژلاتینه شدن نشاسته، کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و افزایش ماده خشک غیر قابل تجزیه در شکمبه می‌شود (۶۴). هدف از عمل‌آوری غلات بهبود قابلیت دسترسی شکمبه‌ای انرژی و نشاسته از طریق افزایش مقدار هضم کربوهیدرات‌ها همراه با کنترل سرعت هضم آن‌هاست (۲۶). حرارت دادن دانه جو در تغذیه گاوهای شیری مفید است زیرا این عمل‌آوری سبب کند شدن سرعت تجزیه‌پذیری مواد مغذی و افزایش

نشده و از دمای ۵- تا بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش قابلیت هضم نشاسته می‌شود (۹). تابش اشعه ریزموج بر دانه جو به مدت سه دقیقه منجر به افزایش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته شده است اما تابش بیش از پنج دقیقه سبب کاهش تخریب نشاسته می‌شود (۴۷). پرتوتابی ریزموج بر روی دانه جو سبب افزایش بخش محلول و کاهش بخش بالقوه قابل هضم می‌شود و از طرفی این عمل‌آوری نرخ تجزیه‌پذیری بخش نامحلول، نشاسته دانه جو را کاهش می‌دهد (۴۷). نتایج تف دادن دانه جو اشاره به این دارد که کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته به دلیل تشکیل ماتریکس پروتئینی مقاوم در برابر پروتولیز می‌باشد. در واقع می‌توان بیان کرد که تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته وابسته به تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین می‌باشد (۳۵). در گزارشی بیان کردند آزمایش‌های تیمارهای حرارتی می‌تواند سبب کاهش تجزیه‌پذیری نشاسته به دلیل ایجاد دکسترین است (۴۲).

نشاسته عبوری از شکمبه می‌شود (۴۱). نتایج پژوهش کنونی با نتایج مطالعه صادقی و شورنگ (۲۰۰۶) منطبق بود. این پژوهشگران گزارش کردند علت کاهش نرخ عبور بخش تجزیه‌پذیر نشاسته دانه جو در زمان‌های مختلف پرتودهی به احتمال زیاد به دلیل در دسترس بودن نشاسته قابل تجزیه در بخش کند تجزیه و ترک کردن بیشتر نشاسته با تجزیه‌پذیری کند در بخش کند تجزیه باشد در مطالعه‌ای گزارش کردند که پرتوتابی ریزموج با تغییر ساختار نشاسته سبب کریستاله شدن نشاسته و کاهش حلالیت آن می‌شود (۲۷). همچنین در پژوهشی مطابق نتایج پژوهش حاضر بیان کردند در اثر تف دادن دانه جو با دمای ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد، گرما سبب بهبود راندمان غذایی و تولید شیر به وسیله سرعت بهینه توزیع نشاسته جهت تخمیر شکمبه‌ای و خارج شدن بیشتر نشاسته از دسترس شکمبه و تجزیه بیشتر آن در روده کوچک می‌شود (۳۲). حرارت دادن مرطوب به همراه غلطک زدن دانه جو حرارت‌دهی به صورت کنترل

جدول ۷- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر کتیک تجزیه‌پذیری نشاسته دانه جو.

Table 7. Effects of Microwave irradiation and variety on starch degradability kinetics of barley grain.

زمان انکوباسیون (ساعت) Incubation Time (hour)							پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation) (min)	رقم (Variety)
48	24	12	8	4	2			
95.24	93.05	85.07	78.05	65.86	56.46	0	بهمن آبی (Bahman Abi)	
95.16	88.59	75.63	66.41	54.08	46.06	2		
92.55	86.17	75.09	65.96	49.03	36.25	4		
88.57	84.84	69.12	58.74	43.66	33.67	6		
97.03	90.92	82.28	73.06	65.21	60.44	0	ماکوئی (Makoei)	
94.49	90.66	79.07	71.88	54.38	44.67	2		
94.25	90.13	77.50	68.31	50.69	32.81	4		
92.08	89.93	77.03	65.45	46.16	32.13	6		
96.57	92.72	83.48	77.05	67.48	61.05	0	سهند (Sahand)	
94.49	91.38	79.96	69.44	59.5	40.11	2		
92.87	89.87	79.56	69.30	49.99	35.43	4		
91.43	89.84	78.75	68.54	48.79	32.24	6		
1.19	1.59	2.09	2.13	2.16	2.71		SEM	
							P values	
0.1585	0.0490	0.0308	0.0616	0.6140	0.8839		Variety	
<0.0001	0.0660	0.0013	<0.0001	<0.0001	<0.0001		Processing	
0.7636	0.1871	0.0446	0.0892	0.5549	0.4438		Variety * Processing	

قابلیت متابولیسم و گوارش پذیری روده‌ای نشاسته و پروتئین خام: جداول ۹ و ۱۰ به ترتیب نشان دهنده توزیع پروتئین خام در سیستم پروتئین قابل متابولیسم و سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل است. اثر عوامل مورد بررسی بر توزیع کربوهیدرات در

سیستم کورنل در جدول ۱۱ و اثر پرتوتابی بر مقادیر گوارش پذیری روده‌ای پروتئین خام و نشاسته بر اساس آزمون سه مرحله‌ای آزمایشگاهی در جدول ۱۲ گزارش شده است.

جدول ۸- تأثیر پرتوتابی ریزموج و رقم بر فراسنجه‌های تجزیه پذیری نشاسته دانه جو.

Table 8. Effects of Microwave irradiation and variety on starch degradability parameters of barley grain.

فراسنجه‌ها (parameters)							رقم (Variety)
ED0.08	ED0.05	ED0.3	c (%h ⁻¹)	b (%)	a (%)	پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation) (min)	
76.36	81.50	88.73	0.086	51.04	44.35	0	بهمن آبی (Bahman Abi)
67.56	74.33	84.94	0.088	59.72	36.93	2	
63.40	70.36	80.96	0.134	69.35	21.57	4	
59.73	67.83	79.93	0.138	72.53	19.32	6	
72.56	80.00	88.70	0.066	43.86	54.98	0	ماکوئی (Makoei)
68.26	75.10	85.30	0.105	62.62	32.76	2	
65.90	73.56	83.60	0.127	80.39	14.04	4	
63.46	73.00	83.50	0.179	84.94	7.15	6	
77.33	82.20	89.56	0.098	43.86	53.19	0	سهند (Sahand)
67.60	74.90	85.16	0.128	70.57	24.07	2	
65.25	72.87	83.42	0.135	77.61	15.44	4	
64.50	72.25	82.55	0.146	82.19	9.28	6	
1.83	1.60	1.22	0.013	4.15	4.30		SEM
0.3632	0.1555	0.1060	0.1011	0.1571	0.2850		P values
<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001		Variety
0.3267	0.4638	0.6965	0.0047	0.1207	0.1201		Processing
							Variety * Processing

نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) برافزایش میزان پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه، پروتئین عبوری از شکمبه، پروتئین با تجزیه‌پذیری آهسته و پروتئین میکروبی و نسبت پروتئین پروتئین عبوری بر غیرقابل تجزیه در شکمبه دانه‌های جو است. همچنین اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) بر کاهش میزان بخش سریع تجزیه پروتئین، پروتئین حقیقی و پروتئین تجزیه‌پذیر موثر در شکمبه دانه‌های جو مشاهده شد. عمل‌آوری حرارتی در تمام سطوح سبب کاهش قابل ملاحظه ($P < 0.05$) بخش آهسته تجزیه پروتئین در رقم جو سهند برخلاف ارقام دیگر شد. طبق نتایج جدول ۱۰ تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج با افزایش مدت زمان

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج با افزایش مدت زمان پرتوتابی میزان بخش سریع تجزیه پروتئین^۱، پروتئین حقیقی (پروتئین ناپدید شده در شکمبه)^۲، پروتئین تجزیه‌پذیر موثر در شکمبه^۳ ارقام مختلف جو (بهمن آبی و ماکوئی و سهند) روند کاهشی و میزان پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه^۴، پروتئین عبوری از شکمبه^۵، پروتئین با تجزیه‌پذیری آهسته^۶ و پروتئین میکروبی^۷ افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). مقایسه‌های آماری

- 1- QDP
- 2- RDP
- 3- ERDP
- 4- UDP
- 5- DUP
- 6- SDP
- 7- MP

مقایسه‌های آماری نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) برافزایش میزان بخش تجزیه‌پذیر کم و نامحلول دانه‌های جو است. همچنین اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) بر کاهش محلول، سریع‌تجزیه و تجزیه‌پذیر متوسط دانه‌های جو مشاهده شد. به طوری که پرتوتابی به مدت ۴ دقیقه عملکرد مطلوب‌تری در تمام ارقام جو نسبت به سایر زمان‌ها داشت. به منظور حداکثر نمودن بهره‌گیری از نشاسته غلات، افزایش گوارش‌پذیری نشاسته غلات در روده کوچک یک عمل مطلوب است. همچنین کاهش گوارش‌پذیری شکمبه ای نشاسته در برخی شرایط تغذیه‌ای برای جلوگیری از اسیدوزیس شکمبه و بهبود تأمین سوبستراهای گلوکوژنیک انجام می‌گیرد (۵۴). تغییر محل هضم نشاسته از شکمبه به روده باریک باعث بهبود ارزش انرژی آن خواهد شد (۳۹). هضم کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی در روده باریک دارای مزایای بیشتری از هضم آن‌ها در شکمبه است. بنابراین مقدار هضم در روده باریک حداکثر گردد (۲۱). هرچند که حداکثر مقداری از نشاسته که در روده باریک می‌تواند هضم گردد به سادگی قابل تعیین نیست (۲۱). چندین محصول حاصل از هضم و جذب نشاسته به‌عنوان منبع کربن برای گلوکوئوزنز مطرح شده‌اند پروپیونات از لحاظ کمی دارای بیشترین اهمیت است در واقع ۷۰ درصد از تولید گلوکز خالص در کبد در گاوهای درحال رشد از منشأ پروپیوناتی است (۴۴). با این‌حال، افزایش جریان نشاسته به روده باریک ممکن است با کاهش هضم در کل دستگاه گوارش همراه باشد (۵۵). حداکثر نمودن جریان نشاسته رسیده به روده باریک می‌تواند منجر به افزایش مقادیر نشاسته جریان یافته به روده بزرگ گردد (۲۲). پرتوتابی ریزموج منجر به تغییر ساختار پروتئین دانه‌های جو پوسته‌دار و بدون پوسته و همبستگی این تغییرات ساختاری در پروفایل

پرتوتابی در تمام ارقام جو (بهمن آبی، ماکوئی و سهند) میزان بخش محلول، یالقه تجزیه‌پذیر و نامحلول کاهش معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$) اما میزان بخش سریع‌تجزیه و متوسط تجزیه‌افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). مقایسه‌های آماری نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) برافزایش میزان و دانه‌های جو است. همچنین اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) بین زمان‌های مختلف پرتوتابی (۲، ۴ و ۶ دقیقه) بر کاهش میزان بخش‌های محلول، یالقه تجزیه‌پذیر، نامحلول و افزایش بخش‌های سریع‌تجزیه و متوسط تجزیه دانه‌های جو مشاهده شد. به طوری که پرتوتابی به مدت ۴ دقیقه عملکرد مطلوب‌تری در تمام ارقام جو نسبت به سایر زمان‌ها داشت. میزان پروتئین به سرعت قابل تجزیه در شکمبه و پروتئین قابل تجزیه مؤثر در شکمبه تحت تأثیر عمل‌آوری ریزموج کاهش یافت در مقابل میزان پروتئین با تجزیه‌پذیری کند در شکمبه افزایش پیدا کرد. نتایج نشان‌دهنده آن است که تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج با تغییر ساختار مولکول‌های پروتئین ناشی از واکنش میلارد سبب تغییر خصوصیات فیزیکی پروتئین مثل حلالیت پروتئین در شکمبه و افزایش سطح آگریزی پروتئین منجر کاهش میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و متعاقباً افزایش میزان پروتئین عبوری به روده کوچک می‌شود. نتایج این بخش نشان‌دهنده تأثیر منفی عمل‌آوری به مدت ۶ دقیقه بر میزان پروتئین قابل متابولیسم نسبت به سایر زمان‌های عمل‌آوری است. با این‌حال پاسخ ارقام مختلف در این ارتباط باهم متفاوت بود. نتایج تجزیه واریانس جداول ۱۱ و ۱۲ نشان داد تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج با افزایش مدت زمان پرتوتابی بخش محلول، سریع‌تجزیه، تجزیه‌پذیر متوسط، پروتئین عبوری و نشاسته کاهش معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$) اما میزان بخش تجزیه‌پذیر پایین و نامحلول افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$).

تجزیه در شکمبه بوده و تحت تأثیر خطرات عمل‌آوری حرارتی با تشکیل پیوند با سایر محتویات گیاهی و محصولات واکنش میلارد قرار می‌گیرند (۵۳). پرتوتابی ریزموج به مدت ۳ دقیقه سبب کاهش زیر مجموعه‌های بخش سریع تجزیه پروتئین و افزایش زیرمجموعه‌های بخش تجزیه‌پذیری متوسط می‌شود اما زیرمجموعه پروتئین باند شده تغییر پیدا نکرد. این نتایج سبب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه شد. اما از قابلیت هضم روده‌ای پروتئین در روده کوچک محافظت نکرد (۶۴).

ارقام مختلف دانه جو با توجه به الیاف بالای پوسته زیرمجموعه بخش تجزیه‌پذیری متوسط پروتئین بالا و زیر مجموعه پروتئین باند شده، پروتئین پایینی دارند (۶۴). حرارت دادن مواد خوراکی، پروتئین‌های بخش تجزیه‌پذیری متوسط را تخریب کرده و آن‌ها را نامحلول می‌سازد در این صورت بخش‌های تجزیه‌پذیر پایین و پروتئین باند شده که بخش اعظمی از پروتئین غیر قابل تجزیه را تشکیل می‌دهند افزایش می‌یابد (۶۱؛ ۵۶).

شیمیایی ۱ و ۲ پروتئین؛ زیرمجموعه‌های ترکیب‌بندی و ۳؛ تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین و گوارش پذیری روده‌ای پروتئین قابل تجزیه در شکمبه در مطالعات تکنیک کیسه‌های نایلونی شده است (۶۴). محتوای تمام زیرمجموعه‌های پروتئین در دانه‌های جو تحت تأثیر پرتوتابی ریزموج تغییر پیدا کرد و بخش تجزیه‌پذیری بالقوه پروتئین کاهش یافت (۶۴). همچنین میزان بخش محلول و باند شده پروتئین در اثر پرتوتابی ریزموج به مدت ۳ دقیقه به ترتیب افزایش و کاهش یافت (۶۴). اعتقاد بر این است که بخش تجزیه‌پذیری پایین پروتئین سرعت تجزیه‌پذیری بسیار آهسته‌ای دارد که نشان‌دهنده این است که اغلب زیرمجموعه‌های پروتئین از تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای فرار کرده و در روده کوچک قابلیت هضم پیدا می‌کنند (۶۴). از این رو افزایش زیرمجموعه‌های بخش تجزیه‌پذیر پایین سبب محافظت پروتئین قابل تجزیه در شکمبه از تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای به‌منظور گوارش‌پذیری آن در روده کوچک می‌شود (۶۴). زیرمجموعه‌های پروتئین باند شده، پروتئین غیرقابل

جدول ۹- تأثیر عمل‌آوری ریزموج و رقم بر توزیع پروتئین خام دانه جو بر اساس سیستم پروتئین قابل متابولیسم (گرم بر کیلوگرم پروتئین خام).

Table 9. Effects of Microwave irradiation and variety on protein metabolizability of barley grain (g.kg cp).

فراسنجه‌ها (parameters)

MP	DUP.UDP	UDP	DUP	ERDP	RDP	SDP	QDP	پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation) (min)	رقم (Variety)
581.78	0.77	42.72	55.52	845.57	953.84	412.54	541.29	0	بهمن آبی (Bahman Abi)
713.09	0.89	304.18	342.82	641.43	681.28	482.04	199.24	2	
728.97	0.88	310.16	350.79	656.96	698.54	490.65	207.88	4	
790.56	0.89	465.38	523.05	510.09	535.05	410.24	124.81	6	
602.68	0.84	75.74	89.97	826.56	925.60	430.39	495.20	0	ماکوئی (Makoei)
729.92	0.89	347.91	391.52	599.22	627.95	484.33	143.61	2	
748.35	0.89	366.49	412.35	598.99	630.72	470.09	158.62	4	
726.11	0.89	411.18	463.87	549.47	572.46	457.52	114.94	6	
622.72	0.87	99.59	114.36	820.60	904.37	485.50	418.87	0	سهند (Sahand)
700.56	0.88	335.10	378.79	573.27	624.31	405.75	222.10	2	
734.54	0.89	362.72	408.07	583.25	627.67	400.09	149.59	4	
748.91	0.89	417.56	469.37	519.76	549.68	369.09	255.23	6	
0.003	1.60	1.77	1.82	1.99	1.14	0.914	34.48		SEM
									P values
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1980		Variety
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		Processing
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0353		Variety * Processing

در محاسبات سیستم پروتئین قابل متابولیسم از نرخ عبور ۰/۰۵ استفاده شده است.

جدول ۱۰- تأثیر عمل آوری ریزموج و رقم بر توزیع پروتئین خام دانه جو بر اساس سیستم خالص کورنل (درصد پروتئین خام).

Table 10. Effects of Microwave irradiation and variety on CNCPS protein fractions of barley grain (g/100 g CP).

فراسنجه‌ها (Parameters)

C	B3	B2	B1	A	پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation) (min)	رقم (Variety)
0.67	6.63	70.06	14.53	8.12	0	بهمن آبی (Bahman Abi)
0.45	7.76	73.11	12.28	6.40	2	
0.53	8.19	74.36	11.68	5.24	4	
0.53	9.87	75.11	10.11	4.38	6	
0.48	7.89	72.42	13.35	5.87	0	ماکوئی (Makoei)
0.47	7.98	72.38	13.46	5.71	2	
0.46	7.90	72.45	13.31	5.88	4	
0.58	8.42	75.73	11.02	4.25	6	
0.31	6.81	71.90	13.80	7.35	0	سه‌دند (Sahand)
0.64	7.02	71.63	14.67	6.11	2	
0.46	7.90	72.45	13.31	5.88	4	
0.52	8.12	73.18	12.52	5.67	6	
0.144	0.274	0.689	1.382	0.628		SEM
						<i>P values</i>
0.742	0.042	0.058	0.742	0.036		Variety
0.380	0.001	0.043	0.048	0.045		Processing
0.221	0.064	0.121	0.221	0.075		Variety * Processing

جدول ۱۱- تأثیر عمل آوری ریزموج و رقم بر توزیع بخش‌های مختلف کربوهیدرات دانه جو بر اساس سیستم خالص کورنل (درصد کربوهیدرات).

Table 11. Effects of Microwave irradiation and variety on CNCPS carbohydrate fractions of barley grain

فراسنجه‌ها (Parameters)

C	B3	B2	B1	A4	پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation) (min)	رقم (Variety)
7.92	9.69	5.56	56.26	20.58	0	بهمن آبی (Bahman Abi)
8.24	10.42	5.48	55.41	20.45	2	
7.86	10.05	5.60	56.67	19.82	4	
7.85	11.17	5.22	56.42	19.33	6	
7.12	8.87	5.59	56.54	21.88	0	ماکوئی (Makoei)
7.74	9.54	5.56	56.19	20.98	2	
7.95	9.76	5.56	56.17	20.57	4	
8.00	9.80	5.60	56.62	19.99	6	
8.06	6.74	5.39	56.22	23.60	0	سه‌دند (Sahand)
7.72	8.82	5.55	56.13	21.77	2	
7.86	8.48	5.39	56.87	21.40	4	
7.92	9.69	5.56	56.26	20.58	6	
0.513	0.362	0.331	0.864	0.404		SEM
						<i>P values</i>
0.212	0.047	0.723	0.694	0.073		Variety
0.311	0.043	0.511	0.221	0.032		Processing
0.836	0.092	0.743	0.664	0.521		Variety * Processing

جدول ۱۲- تأثیر عمل آوری ریزموج و رقم بر ضرایب گوارش پذیری روده‌ای پروتئین و نشاسته عبوری (گرم هضم شده به ازای هر گرم انکوبه شده در شرایط آزمایشگاهی).

Table 12. Effects of Microwave irradiation and variety on in vitro intestinal digestibility (g digested/g) incubated in intestine.

فراسنجه‌ها (Parametrs)			
نشاسته	پروتئین عبوری	پرتوتابی (دقیقه) (Irradiation) (min)	رقم (Variety)
0.76	0.87	0	بهمن آبی (Bahman Abi)
0.68	0.82	2	
0.65	0.82	4	
0.43	0.79	6	
0.72	0.84	0	ماکوئی (Makoei)
0.63	0.84	2	
0.58	0.79	4	
0.55	0.81	6	
0.75	0.86	0	سهند (Sahand)
0.73	0.83	2	
0.69	0.78	4	
0.61	0.76	6	
0.043	0.058	SEM	
		<i>P values</i>	
0.043	0.224	Variety	
0.01	0.342	Processing	
0.082	0.732	Variety * Processing	

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تفاوت در پاسخ ارقام مختلف جو به پرتوتابی با ریزموج و لزوم انجام آزمون درون‌تنی بود. به نظر می‌رسد بر اساس نتایج ارائه شده، بهترین پاسخ در تأثیرگذاری بر فراسنجه‌های ارزش غذایی در راستای بهبود تخمیر شکمبه‌ای، تجزیه‌پذیری پروتئین، نشاسته و افزایش مقادیر نشاسته و پروتئین گوارش‌پذیر ورودی به روده باریک را می‌توان مربوط پرتوتابی به مدت ۴ دقیقه در ارقام مختلف دانست.

از آنجا که بخش زیادی از پروتئین جو را گلوپلین‌ها تشکیل می‌دهند، بالا بودن بخش بخش تجزیه‌پذیری متوسط پروتئین جو در مقایسه با بخش‌های دیگر پروتئین (تجزیه‌پذیر پایین، پروتئین باند شده، بخش سریع تجزیه و محلول) را می‌توان به وجود این پروتئین‌ها نسبت داد (۷). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ارقام مختلف جو ترکیب شیمیایی و بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات متفاوتی دارند و تفاوت در این بخش‌ها می‌تواند مقدار پروتئین و کربوهیدرات تجزیه شده در شکمبه و عبوری به قسمت‌های پایین دستگاه گوارش را تحت تأثیر قرار دهد (۱۸).

منابع

1. A.O.A.C. 2000. Official methods of analysis, 17 th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
2. Agricultural Food Research Council. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. In: AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.
3. Arvanito yanis, I.S. 2010. Irradiation of Food Commodities: Techniues, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. Elseviers science and technology Rights department in oxford, London, uk.
4. Baldwin, P.M. 2001. Starch granule-associated proteins and polypeptids: A review. Starch 53: 475-503.
5. Berner, A.L. 1980. The production and composition of milk from dairy cows fed hay supplemented with whole, rolled or alkali- treated barley grain. Proceeding of the ASAP. 13: 397-400.
6. Blair, R. 2008. Nutrition and Feeding of Organic Poultry. CABI, Wallingford, UK. 322p.
7. Chalupa, W., and Sniffen, C.J. 1996. Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle—today and tomorrow. Animal Feed Science and Technology. 58: 65-75.
8. Colkesen, M., Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., and Ozkan, C. 2005. Effect of cultivar and formaldehyde treatment of barley grain on rumen fermentation characteristics using in vitro gas production. South African Journal of Animal Science. 35: 206-212.
9. Christen, S.D., Hill, T.M., and Williams, M.S. 1996. Effects of tempered barley on milk yield, intake, and digestion kinetics of lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science. 79: 1394-1399.
10. Damiran, D., and Yu, P. 2012. Metabolic characteristics in ruminants of the proteins in newly developed hullless barley varieties with altered starch traits. Journal of Cereal Science. 55: 351– 463.
11. Damiran, D., and Yu, P. 2011. Molecular basis of structural makeup of hullless barley in relation to rumen degradation kinetics and intestinal availability in dairy cattle: A novel approach. Journal of Dairy Science. 94: 5151–5159.
12. Dann, H.M., Varga, G.A., and Putnan, D.E. 1999. Improving energy supply late gestation and early postpartum dairy cows. Journal of Dairy Science. 82: 1765-1778.
13. FAO, 2001. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of United Nations.
14. FAOSTAT, 2015. The agricultural production domain. Available from: <http://faostat.fao.org/site/339.default.aspx> (January 31 2015) .
15. Finley, JW. 1989. Effects of processing on proteins: an overview. In: Phillips, R.D., Finley, J.W. (Eds.), Protein Quality and the Effects of Processing. Marcel Dekker, New York, NY, USA, Pp: 1–7.
16. Gargallo, S., Calsamiglia, S., and Ferret, A. 2006. Technical noteia modified three step in vitro pr ocedure to determine intestinal digestion of proteins. Journal of Animal Science. 84: 2163- 2167.
17. Ghezeljeh, A.E., Mesgaran, D.M., Moghaddam, N.H., and Vakili, A. 2011. Bulk density, chemical composition and *in vitro* gas production parameters of Iranian barley grain cultivars grown at different selected climates. African Journal of Agricultural Research. 6: 1226-1232.
18. Gholizadeh, H., Naserian, A.A., Valizadeh, R.A., and Tahmasbi, M. 2017. Study of Carbohydrate and Protein Fractions in Different Barley Cultivars Using Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) Iranian Journal of Animal Science Research8: 541-552. (in Persian)
19. Ghorbani, G., and Hadj-Hussaini, A. 2002. Isitu degradability of Iranian barley grain cultivars. Small Ruminant Research. 44: 207-212.
20. Giger-Reverdin, S. 2000. Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. Animal Feed Science Technology. 86: 53-69.

21. Harmon, D.L., and McLeod, K.R. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: implication and whole-body energetics. *Journal of Animal Science*. 79: E59-E72.
22. Harmon, D.L., Yamka, R.M., and Elam, N.A. 2004. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Canadian Journal of Animal Science*. 84: 309-318.
23. Hayase, F., Kato, H., and Fujimaki, M. 1975. Racemization of amino acid residues in proteins and poly (L-amino acids) during roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 23: 491-494.
24. Kaasova, J., Hubackova, B., Kadlec, P., Prihoda, J., and Bubnik, Z. 2002. Chemical and biochemical changes during microwave treatment of wheat. *Czech Journal of Feed Science*. 20: 74-78.
25. Kadlec, P., Kaasova, J., Dostalova, J., Zatopkova, M., Hosnedl, V., and Hrachovinova, J. 2002: Microwave treatment on drying of germinated pea. *Czech Journal of Feed Science*. 20: 23-30.
26. Koenig, K.M., Beauchemin, K.A., and Rode, L.M. 2003. Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. *Journal of Animal Science*. 81: 1057-1067.
27. Lewandowicz, G., Jankowski, T., and Fornal, J. 2000. Effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of cereal starches. *Carbohydrate Polymers*. 42: 193-199.
28. Licitra, G., Hernandez, T., and Van Soest, P. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 57: 347-358.
29. Ljøkjel, K., Harstad, O.M., Prestløkken, E., and Skrede, A. 2003. *In situ* digestibility of protein in barley grain (*Hordeum vulgare*) and peas (*Pisum sativum* L.) in dairy cows: influence of heat treatment and glucose addition. *Animal Feed Science and Technology*. 107: 87-104.
30. Lykos, T., and Varga, G.A. 1995. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situation. *Journal of Dairy Science*. 78: 1789- 801.
31. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., and Sinclair, L.A. 2010. *Animal nutrition*, 714p.
32. Mcniven, M.A., Weisbjerg, M.R., and Hvelpund, T. 1995. Influence of roasting or sodium hydroxide treatment of barley on digestion in lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 78: 1106-1115.
33. Montgomery MJ and Baumgardt BR. 1965. Prediction of nutrient composition and in vitro dry matter digestibility from physical characteristics of forages. *Journal of Dairy Science*. 48: 1623-1628.
34. Moshtaghi Nia, S.A. and 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.
35. Nocek, J.E., and Tamminga, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3598-3629.
36. Oliveira, M.E.C., and Franca, A.S. 2002. Microwave heating of foodstuffs. *Journal of Food Engineering*. pp.347-359.
37. Peng, Q., Khan, N.A., Wang, Z., Yu, Moist P. 2014. dry heating induced changes in protein molecular structure, protein subfractions, and nutrient profiles in camelina seeds. *Journal of Dairy Science*. 97: 446-457.
38. Prestløkken, E. 1999. In situ ruminal degradation and intestinal digestibility of dry matter and protein in expanded feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*. 77: 1-23.

39. Reynolds, C.K., Cammell, 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.
40. Robertson, J.A., and Eastwood, M.A. 1981. An investigation of the experimental conditions which could affect water holding capacity of dietary fiber. *Journal of Science Food Agricultural*. 32: 819-825.
41. Robinson, P.H., and Mcniven, M.A. 1994. Influence of flame roasting frequency of barley on performancof dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 77: 3631-3643.
42. Robertson, J.A., and Eastwood, M.A. 1981. An investigation of the experimental conditions which could affect water holding capacity of dietary fiber. *Journal of Science Food Agricultural*. 32: 819-825.
43. Rooney, L.W., and Pflugfelder, R.L. 1986. Factor affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*. 63: 1607–1623.
44. Rosa, J., and Barbosa-Canovas, G.V. 2003. Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques. *Crit. Rev. Feed Science Nutrition*. 43: 265 -285.
45. Rose, R., Rose, C., Steven, K., Omi, Keith, R., Forry, Daniel, Durall, M., and William, L. 1991. Bigg Nursery Technology cooperative, Department of Forest Science, Oregon state University, Corvallis, Oregon 97331. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 39: 2- 11.
46. Sadeghi, A.A., and Shawrang, P. 2005. Effects of micronization on ruminal starch and protein degradation kinetics of corn grain. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. 199p. University of York, UK.
47. Sadeghi, A.A., and Shawrang, P. 2006. Effects of Microwave irradiation on ruminal protein and starch degradation of corn grain. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 127: 113 -123.
48. Sadeghi, A.A., and Shawrang, P. 2008. Effects of Microwave irradiation on ruminal protein and starch degradation of barley grain. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 141: 184 -194.
49. Yu, P. 2011. Dry and moist heating-induced changes in protein molecular structure protein subfraction, and nutrient profiles in soybeans. *Journal of Dairy Science*. 94: 6092–6102.
50. Sarvari, S., Hosseinkhani, A., Taghizadeh, A., Janmohammadi, H., Daghighkia, H., and Mohammadzadeh, H. 2015. The effects of variety and time of roasting on chemical composition and estimate fermentation and physical parameters of barley grain using invitro gas production technique. *Journal of Animal Science Research*. 25p. (in Persian)
51. SAS, 2002. Version 9.1 SAS.STAT user’s guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
52. Shamei, F., Pirmohammad, R., and Khalilvandi-Behroozyar, H. 2015. Evaluation of the Effect of Different Thermal Treatment Methods on the Chemical Composition and Some Nutritional Parameters of Cotton Elastic Waste In situ and In vitro Methods. *Journal of Animal Science Research*. 46: 261-247. (in Persian)
53. Shawrang, P., and Sadeghi, A.A. 2007. Effects of gamma irradiation on protein degradation of safflower meal in the rumen. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. University of York, UK. 68p.
54. Sniffen, C.J., O’Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., and Russell, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70: 3562–3577.
55. Svihus, B., Uhlen, A.K., and Harstad, O.M. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 122: 303- 320.
56. Theurer, C.B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*. 63: 1649-1662.
57. Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant, 2th edition. Comestock publishing associates, Cornell University press, Ithaca and London.

58. Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press.
59. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and 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.
60. Vanzant, E., Cochran, S., and Titgemeyer, E.C. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*. 76: 2717- 2729.
61. Voragen, AGJ., Gruppen, H., Marsman, GJP., and Mul, AJ. 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.
62. Wallace, R.J., Onodera, R., and Cotta, M.A. 1997. Metabolism of nitrogen-containing compounds. Pages 283-328 in *The Rumen Microbial Ecosystem*. P.N. Hobson and C.S. Stewart, ed. Springer Netherlands.
63. Waltz, D.M., and Stern, M.D. 1989. Evaluation of various methods for protecting soya-ben protein from degradation by rumen bacteria. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 25: 111-122.
64. Wang, Y., Greer, D., and McAllister, T.A. 2003. Effects of moisture, roller setting and saponin-based surfactant on barley processing, ruminal degradation of barley and growth performance by feedlot steers. *Journal of Animal Science*. 81: 2145-2154.
65. Xiaogang Yan, Nazir Ahmad Khan, Fangyu Zhang, Ling Yang, and Peiqiang, Yu. 2014. Microwave irradiation induced changes in protein molecular structures of barley grains: relationship with changes in protein chemical profile, protein subfractions and digestion in dairy cows. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62: 6546-6555.).
66. Yang, W.Z., Beauchemin, K.A., Farr, B.I., Rode, L.M. 1997. Comparison of Barley, Hullless Barley, and Corn in the Concentrate of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 80: 2885–2895.
67. Yang, W.Z., Beauchemin, K.A., and Rode, L.M. 2000. Effects of barley grain processing on extent of digestion and milk production of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 83: 554-568.
68. Yaremico, B.J., Mathison, G.W., Engstroml, D.F., Roth, L.A., and Caine, W.R. 1991. Effect of ammoniation on the preservation and feeding value of barley grain for growing- finishing cattle.
69. Yu, P. 2007. Protein molecular structures, protein subfractions, and protein availability affected by heat processing: A review. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 3: 70–90.
70. Yu, P., Tamminga, S., Egan, A.R., Christensen, D.A. 2004. Probing equivocal effects of heat processing of legume seeds on performance of ruminants I A review. *Asian-Austral. Journal of Animal Science*. 17: 869–876.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Ruminant Research, Vol. 5(4), 2018

<http://ejrr.gau.ac.ir>

Radiation effects of microwave on chemical compounds, rumen degradability, starch digestion and crude protein of different barley grain varieties

E. Pir Adl¹, *R. Pirmohammadi² and H. Khalilvandi Behroozyar³

¹Ph.D. Student, ²Associate Prof., and ³Assistant Prof., Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

Received: 07/19/2017; Accepted: 11/01/2017

Abstract

Background and objective: Microwave irradiation is a type of heat processing to reduce the crude protein and starch degradability and increased protein passing to the small intestine to improve rumen fermentation of cereals. This research was carried out to investigate the degradability of starch and crude protein of different varieties of microwave irradiated barley grain and the distribution of protein in the carbohydrate system and pure protein kernel system and metabolizable protein system.

Materials and methods: Determination of chemical composition with laboratory mill with 1 mm grinding mill and dry matter concentration, raw material of crude protein (Kjeldahl machines), raw Ether Extract using standard methods. Starch was evaluated by anthrom (44) and neutral detergent fiber (ankome system) and acid detergent fiber by Van Suste et al. (1991) measurements (three replicates). Three barley varieties (*Sahand*, *Makoei*, and *BahmanAbi*) were exposed were exposed to microwave radiation for 2, 4, and 6 minutes. Kinetic and ruminal digestibility of dry matter, starch and protein feed samples was determined by nylon bag using three Holstein male calves equipped with flexible rhombic fistula at 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24 and 48 hours in a randomized complete block design. Distribution of protein was determined based on the metabolizable protein system and the relevant equations. Protein solubility in different buffers was determined in order to understand the distribution of different protein portions in the carbohydrate system and the pure Cornell protein (CNCPS). In addition, the effect of irradiation on the distribution of barley carbohydrates in this system was studied.

Results: Under the influence of microwave irradiation, the amount of dry matter, crude protein, organic matter, soluble fiber in acid detergent, insoluble fiber in neutral detergent of different barley grain varieties decreased, so that in the last 6 minutes, the lowest amount of dry matter, crude protein, organic matter, acid detergent fiber, neutral detergent fiber and ether extract belonging to *Sahand* cultivar. The results of this experiment indicated a significant and reducing effect of irradiation at different times on the amount of starch and digestible protein in the rumen and there was a significant difference between the different studied cultivars. Among different studied varieties, the different degradability parameters of *Sahand* variety were affected by radiation. The difference between varieties in response to treatments can be considered as a reflection of the amount of crust, starch and crude protein and different distribution of starch in different parts of the grain. Prolonging the irradiation time increased its effect on different parameters of evaluation regarding crude protein and starch degradability. Treating various maize varieties with microwave significantly reduced the amount of soluble protein, reduced protein nitrogen and increased protein and starch content available in the carbohydrate system and pure cornel protein. However, Prolonging the irradiation time

*Corresponding author: r.pirmohammadi@urmia.ac.ir

increased the protein bound to the cell wall and subsequently reduced protein availability but had no effect on the amount of available starch. Contrary to the results of the carbohydrate system and pure Cornell protein test, irradiation did not have a negative effect on the digestibility of crustacean protein subunits based on a three-step enzymatic method, but affected the digestive ability of starch.

Conclusions: The results of this study showed the different response of barley varieties to irradiation with microwave waves and the need for an *in vivo* investigations. It seems that according to the results, the best response in influencing nutritional parameters for improving rumen fermentation, protein degradation, starch and increasing the amounts of starch and digestible protein entering the small intestine can be related to irradiation to It was 4 minutes in different cultivars.

Keywords: Metabolizable protein, Starch, Cereals, Thermal processing, Degradability, CNCPS