نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 552-541

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 541-552

مطالعه بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات ارقام مختلف جو به روش سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل

حجت قلی‌زاده[1*]- عباسعلی ناصریان[2]- رضا ولی‌زاده[2] - عبدالمنصور طهماسبی[2]

تاریخ دریافت: 1392/07/14
تاریخ پذیرش: 1395/07/17

چکیده

آزمایش زیر به منظور تعیین بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات برخی ارقام جو انجام شد. ارقام جو مورد آزمایش شامل: 1- یوسف، 2- نصرت، 3- CB.79.10، 4- ماکویی، 5- آبیدر و 6- سرارود بود. در این آزمایش ترکیب شیمیایی، نیتروژن غیر پروتئینی (PA)، پروتئین حقیقی سریع تجزیه شونده در شکمبه (PB1)، پروتئین حقیقی متوسط تجزیه (بخش PB2)، پروتئین حقیقی کند تجزیه (PB3)، پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی (PC)، کربوهیدرات غیر ساختمانی (NSC)، کربوهیدرات سریع تجزیه شونده (CA)، کربوهیدرات متوسط تجزیه (CB1)، دیواره سلولی با قابلیت تجزیه کند (CB2) و دیواره سلولی غیر قابل هضم (CC) محاسبه شد. ارقام جو بر اساس ماده خشک 55-49 درصد نشاسته و 14-9 درصد پروتئین خام داشتند. مقدار پروتئین خام، دیواره سلولی، پروتئین محلول، نیتروژن غیر پروتئینی و نیتروژن متصل به دیواره سلولی تفاوت معنی‌داری بین ارقام جو داشت. رقم ماکویی بیشترین میزان پروتئین خام، پروتئین محلول، نیتروژن غیر پروتئینی و کمترین میزان نیتروژن متصل به دیواره سلولی را داشت. بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات تفاوت معنی‌داری بین ارقام جو داشت. رقم ماکویی بیشترین میزان بخش PA و کمترین میزان بخشPB1 و PB3 را داشت. رقم آبیدر بیشترین میزان NSC و کمترین میزان CB2 را داشت. به طور کلی نوع رقم تأثیر معنی‌داری بر بخش‌بندی پروتئین و کربوهیدرات جو داشت. تفاوت در بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات می‌تواند قابلیت دسترسی پروتئین و کربوهیدرات جو در نشخوارکنندگان را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج حاصل از این آزمایش می‌تواند برای انتخاب و توسعه ارقام جو و تنظیم دقیق جیره غذایی نشخوارکنندگان استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ارقام جو، سیستم پروتئین، کربوهیدرات خالص کرنل.

مقدمه

جو یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین غلات کشور است و نقش مهمی در تأمین انرژی و تا اندازه‌ای پروتئین در جیره غذایی نشخوارکنندگان و تک معده‌ای‌ها دارد. بر اساس گزارش سازمان جهانی خواربار و کشاورزی سازمان ملل، حجم کل تولید جو در ایران برای سال زراعی 2012 برابر 3/4 میلیون تن بود (9). انواع ارقام جو با توجه به شرایط آب و هوای محلی موجود در ایران به وسیله متخصصان اصلاح و توسعه جو انتخاب و معرفی شده است و مطالعات انجام شده نشان دادند که ارقام جو به لحاظ ترکیب شیمیایی، حجم تولید گاز و تجزیه پذیری شکمبه‌ای (11 و 12) تفاوت‌های معنی‌داری داشتند. این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در بخش‌های پروتئینی و کربوهیدراتی باشد. تفاوت در بخش‌های پروتئینی و کربوهیدراتی خوراک، مقدار پروتئین و کربوهیدرات تجزیه شده در شکمبه و عبوری به قسمت‌های پائین دستگاه گوارش را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد (15 و 27).

سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل (CNCPS)، بر اساس بخش‌های نیتروژن‌دار و ماهیت کربوهیدرات می‌باشد. این سیستم بر مبنای معادلاتی استوار است که تخمیر و عبور بخش‌های نیتروژن و کربوهیدرات مواد خوراکی را برآورد می‌کند. در این روش بخش‌های پروتئین بر اساس نرخ تجزیه پذیری به 5 بخش به صورت زیر گروه بندی شده است : 1- نیتروژن غیر پروتئینی خوراک (PA) که به سرعت در شکمبه به وسیله میکروارگانیسم‌ها تجزیه و مصرف می‌شود. 2-پروتئین با تجزیه پذیری سریع (PB1) که نرخ تجزیه پذیری بالایی (120-400 %/h) در شکمبه دارد. 3- پروتئین با تجزیه

1- دانشجوی دکتری گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،
2- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: gholizadeh.hojat@gmail.com)
DOI: 10.22067/ijasr.v1i1.26701

پذیری متوسط (PB2)، این بخش نرخ تجزیه پذیری متوسطی دارد (3-16 %/h) و نامحلول در بافر و محلول در شوینده خنثی است که بخشی از آن در شکمبه تجزیه شده و بخشی نیز وارد روده می‌شود. عبور این بخش از شکمبه به نرخ نسبی هضم و عبور بستگی دارد. 4- پروتئین با تجزیه پذیری کم (PB3) که نرخ تجزیه پذیری کندی در شکمبه دارد (0/06-0/55 %/h)، این بخش نامحلول در بافر و شوینده خنثی و محلول در شوینده اسیدی است و 5- پروتئین غیر قابل تجزیه (PC) که غیر قابل هضم در شکمبه میباشد. این بخش به ADF متصل است و توسط میکروب‌ها و آنزیم‌های خود حیوان تجزیه نمیشود. کربوهیدرات‌ها بر اساس نرخ تجزیه در شکمبه به 4 بخش تقسیم شده است. 1- قندهای محلول (CA) که نرخ تجزیه پذیری سریعی در شکمبه دارند (400 %/h)، 2- نشاسته (CB1) که نرخ تجزیه پذیری متوسطی در شکمبه دارند (50-20 %/h)، 3- دیواره سلولی قابل دسترس (CB2) که نرخ تجزیه پذیری کندی دارند (10-2 %/h). و 4- بخش غیر قابل تجزیه (CC) که شامل دیواره سلولی غیر قابل دسترس برای میکروارگانیسم‌ها است (27). از این اطلاعات می‌توان به عنوان پایه‌ای برای بیان قابلیت دسترسی کربوهیدرات و پروتئین خوراک (27)، وضعیت تخمیر شکمبه‌ای (26)، پیش بینی کفایت جیره گاوها (10)، پیش بینی کفایت اسیدهای آمینه (22)، ارزیابی کیفیت علوفه‌ها و تفسیر نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای، پیش بینی pH شکمبه (23) استفاده کرد. لذا جهت شناسایی و کاربرد ارقام مختلف جو در جیره نشخوارکنندگان داشتن اطلاعات در رابطه با بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات جو سودمند به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق تعیین بخش‌های نیتروژن و کربوهیدرات ارقام مختلف جو به روش CNCPS و استفاده از این اطلاعات برای تنظیم دقیق جیره غذایی با استفاده از این مدل بود.

مواد و روش‌ها

اندازه گیری ترکیبات شیمیایی

ارقام جو مورد آزمایش شامل: یوسف، نصرت، CB.79.10، ماکویی، آبیدر و سرارود بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی کرج تهیه شدند. ارقام جو با الک 0/5 میلیمتر (برای اندازه گیری نشاسته) و 1 میلی‌متر برای اندازه‌گیری سایر ترکیبات شیمیایی آسیاب شدند. کلیه مراحل آسیاب و اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی نمونه‌های خشک غلات در آزمایشگاه گروه علوم دامی دانشگاه ساسکاچوآن کانادا انجام شد. برای تعیین ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام و چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) از روش‌های استاندارد (1) استفاده شد. روش ون سوست و همکاران (33) و تکنیک آنکوم (آنکوم A200، تکنیک کیسه فیلتر، آمریکا) برای اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) استفاده شد. در محلول شوینده خنثی و شوینده اسیدی سولفات پتاسیم استفاده نشد. اما در محلول شوینده خنثی از آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت استفاده شد. لیگنین (ADL) به صورت باقی‌مانده حاصل از خیساندن ADF در اسید سولفوریک 72 درصد به روش آنکوم اندازه‌گیری شد. پروتئین خام به روش کجلدال (Foss Tecator™ 2400 Kjeltec Analyzer Unit) از باقی مانده‌های حاصل از NDF و ADF برای اندازه‌گیری NDF و ADF تصحیح شده برای نیتروژن اندازه‌گیری شد (16). نشاسته با استفاده از کیت سنجش نشاسته کل مگازایم (مگازایم، ایرلند) AOAC Method 996.11, Standard Method No. 168, K-TSTA 07/11 اندازه‌گیری شد. در این روش 100-80 میلی‌گرم نمونه آزمایشی داخل لوله‌های آزمایشی قرار داده و 0/2 میلی‌لیتر اتانول (80 درصد) و 2 میلی‌لیتر دی متیل سولفو اکسید به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت 5 دقیقه در آب جوش قرار داده شد و سپس 3 میلی‌لیتر آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت و بافر به آنها اضافه شد. نمونه‌ها دوباره به مدت 6 دقیقه در آب جوش انکوبه شدند. 4 میلی‌لیتر بافر سدیم استات و 0/1 میلی‌لیتر آمیلوگلوسیداز به نمونه‌های انکوبه شده اضافه شد و بعد از مخلوط شدن انکوبه شدند (دمای 50 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه). در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت 10 دقیقه و با 3000 دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. 0/1 میلی‌لیتر از محلول سانتریفوژ شده را داخل تیوب آزمایشی ریخته و 3 میلی‌لیتر معرف به آن اضافه کرده و به مدت 20 دقیقه در دمای 50 درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. بعد از انکوباسیون جذب نوری نمونه‌ها با اسپکتروفتومتر قرائت شد. نیتروژن غیر پروتئینی (NPN)، بعد از رسوب پروتئین حقیقی (TP) با تری‌کلرواستیک (TCA) و پروتئین محلول (SCP) در بافر فسفات بی‌کربنات سدیم اندازه‌گیری شد (16).

بخش بندی پروتئین و کربوهیدرات

بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات بر اساس روش لانزاس و اسنیفن (15) اندازه‌گیری شد پروتئین ها به 5 بخش گروه‌بندی شدند (معادلات 5-1). 1- پروتئین محلول (PA)، 2- پروتئین با تجزیه پذیری سریع (PB1)، این بخش در اثر رسوب پروتئین در تری‌کلرواستیک اسید (TCA) تعیین شد. 3- پروتئین با تجزیه پذیری متوسط (PB2)، این بخش نامحلول در بافر و محلول در شوینده خنثی است که بخشی از آن در شکمبه تجزیه شده و بخشی نیز وارد روده می‌شود. 4- پروتئین با تجزیه‌پذیری کم (PB3)، این بخش نامحلول در بافر و شوینده خنثی و محلول در شوینده اسیدی است و 5- پروتئین غیر قابل تجزیه (PC)، این بخش در شوینده اسیدی نامحلول است و توسط میکروب‌ها و آنزیم‌های خود حیوان تجزیه نمی‌شود. کربوهیدرات‌ها بر اساس نرخ تجزیه در شکمبه به 4 بخش تقسیم شد (معادلات 10-6). 1- قندهای محلول (CA)، 2- نشاسته (CB1)، 3-

دیواره سلولی قابل دسترس (CB2) و 4- بخش غیر قابل تجزیه (CC) که شامل دیواره سلولی غیر قابل دسترس برای میکروارگانیسم‌ها است (27). کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی (NSC) از تفاوت مجموع پروتئین خام، دیواره سلولی تصحیح شده برای پروتئین، چربی و خاکستر از عدد صد محاسبه شد.

PA (%CP)= NPN (%SCP)× 0.01×SCP (%CP) (1)

PB1 (%CP)= SCP (%CP)- PA (%CP) (2)

PB2 (%CP)= 100- PA (%CP) - PB1 (%CP) - PB3 (%CP)- PC (%CP) (3)

PB3 (%CP)= NDIP (%CP)-ADIP (%CP) (4)

PC (%CP)=ADIP (%CP) (5)

CA (%CHO)= (100 - Starch (% NSC)) × (100 - CB2 (% CHO)- CC (%CHO))/100 (6)

CB1 (%CHO)= Starch (%NSC) × (100 - CB2 (% CHO) - CC (% CHO))/100 (7)

CB2 (%CHO)= 100 × (NDF (%DM) - NDIP (%CP) × 0.01× CP (%DM) - NDF (%DM) × 0.01 × lignin (%NDF) ×2.4) CHO (%DM)) (8)

CC (%CHO)= 100× (NDF (%DM)× 0.01 Lignin (%NDF) × 2.4)/ CHO (%DM) (9)

NSC (g/kg DM)= 100-(CP+EE+Ash+NDFn) (10)

PA= پروتئین محلول، PB1= پروتئین با تجزیه‌پذیری سریع، PB2= پروتئین با تجزیه‌پذیری متوسط، PB3= پروتئین با تجزیه‌پذیری کند، PC= پروتئین غیر قابل تجزیه، CA= کربوهیدرات با تجزیه‌پذیری سریع، CB1= کربوهیدرات با تجزیه‌پذیری متوسط، CB2= کربوهیدرات با تجزیه‌پذیری کند، CC= کربوهیدرات غیر قابل تجزیه NPN= نیتروژن غیر پروتئینی، SCP= پروتئین محلول، NDIP= پروتئین نامحلول در شوینده خنثی، ADIP= پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی، Starch= نشاسته، CHO= کربوهیدرات، Lignin= لیگنین، NSC= کربوهیدرات غیر ساختمانی، CP = پروتئین خام، EE= چربی خام، Ash= خاکستر، NDF_n= دیواره سلولی تصحیح شده برای نیتروژن.

آنالیز آماری

داده‌ها با استفاده از رویه آماری MIXED نرم افزار SAS در قالب طرح کاملا تصادفی تجزیه و تحلیل شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شدند و سطح معنی‌داری 0/05 در نظر گرفته شد. مدل آماری استفاده شده به صورت زیر بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (11)$$

Y_{ij} مشاهدات مستقل، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار (به‌عنوان اثر ثابت)، e_{ij} اثر خطای آزمایش بود.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی ارقام جو در جدول 1 نشان داده شده است. ارقام جو 14-9 درصد پروتئین خام، 20-14 درصد دیواره سلولی، 28-24 درصد پروتئین محلول، 13-5 درصد نیتروژن غیر پروتئینی و 17-11 درصد نیتروژن متصل به دیواره سلولی داشتند ($P<0/05$). رقم ماکویی بیشترین میزان پروتئین خام، پروتئین محلول، نیتروژن غیر پروتئینی و کمترین میزان نیتروژن متصل به دیواره سلولی را داشت. میزان نشاسته تفاوت معنی‌داری بین ارقام جو نداشت ($P>0/05$). مواد پرورده‌ای که در دانه غلات ذخیره می‌شوند از دو منبع عمده فتوسنتز جاری برگ‌ها و اندام‌های سبزینه‌ای غیر برگی (از قبیل ساقه، غلاف و سنبله) و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در اندام‌های رویشی گیاه سرچشمه می‌گیرند (3 و 29) استفاده از ذخایر موجود در اندام‌های رویشی وقتی مطرح می‌شود که فتوسنتز جاری به هر دلیلی مانند از بین رفتن بخشی از سطوح فتوسنتز کننده، پیری یا مواجهه با انواع تنش‌ها از جمله تنش خشکی کاهش یابد و در نتیجه فرآورده‌های فتوسنتز جاری جوابگوی نیاز رو به افزایش دانه‌های در حال رشد نباشد (3 و 4). از طرفی دوام بیش از حد سطح برگ موجب عدم استفاده بهینه از ذخایر برگ و ساقه در حمایت از پر شدن دانه می‌شود (24). ترکیب شیمیایی دانه غلات علاوه بر کنترل ژنتیکی (17 و 34)، وابستگی زیادی به شرایط محیطی از قبیل تغذیه، دما، تنش کم آبی، شدت نور و میزان تولید دارد (28). تأثیر منفی تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه بر قدرت بذر حاصل از این شرایط به وسیله ویبرا و همکاران (35) گزارش شده است. یانگ و همکاران (39) گزارش کردند که خشکی خاک در مرحله پر شدن دانه از طریق تحریک پیری زود هنگام گیاه، پر شدن سریع و در نتیجه افزایش ذخایر دانه به ویژه نیتروژن را سبب می شود. آنکر نیلسون و همکاران (2) و موریسون (19) تأثیر افزایش دما در مرحله رشد بر ترکیب شیمیایی جو را گزارش کردند. این محققان گزارش کردند که افزایش دما در مرحله رشد باعث افزایش میزان چربی و کاهش میزان نشاسته در جو شده بود. قزلجه و همکاران (11) گزارش کردند که ارقام سردسیر جو میزان دیواره سلولی و نشاسته بیشتری نسبت به ارقام گرمسیر داشتند و ارقام گرمسیر میزان پروتئین خام بیشتری داشتند. این نتایج نشان دهنده تأثیر شرایط محیطی بر ترکیب شیمیایی جو می‌باشند. علاوه بر شرایط محیطی اشاره شده، تورپ و همکاران (30) گزارش کردند که میزان تولید دانه هم ترکیب شیمیایی دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این محققان گزارش کردند که با افزایش میزان تولید دانه درصد فیبر و پروتئین کاهش یافته بود. تاریخ کاشت و تراکم بذر عواملی هستند که تأثیر معنی‌داری بر میزان تولید و سایر خصوصیات گیاه دارند. پلتون (25) گزارش کرده است که افزایش تراکم بذر باعث افزایش میزان تولید و درصد نیتروژن در گندم شده

بود. اما لارتر و همکاران (18) گزارش کردند که تراکم بذر از 25 تا 200 کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن نداشت. تفاوت موجود بین ارقام جو احتمالا به دلیل عوامل ژنتیکی و عوامل محیطی اشاره شده باشد. قزلجه و همکاران (11) میزان دیواره سلولی و پروتئین خام 16 رقم جو (بهمن، ماکویی، CB-79-10، سهند، ریحان 45، ریحان 03، فجر، نصرت، والفجر، کویر، MB-82-12، AB-23-14، نیمروز، جنوب، دشت و صحرا) را به ترتیب 27-21 و 13-8 درصد ماده خشک گزارش کردند. کولکسن و همکاران (6) میزان دیواره سلولی و پروتئین خام 9 رقم جو (Hega، Prosa، Vanesa، Viva، 5-8602، Cecilla، Esterel، Angora) را به ترتیب 19-16 و 16-12 درصد ماده خشک گزارش کردند. قربانی و همکاران (12) میزان پروتئین خام 9 رقم جو (زرر، گوهر، کویر، فیض، سینا، ارَس، اِرَم، گرگان و ریحان) را 12-9 درصد ماده خشک گزارش کردند. میزان دیواره سلولی ارقام جو اندازه گیری شده در این آزمایش کمتر از مقادیر گزارش شده به وسیله قزلجه و همکاران (11) بود، امّا با نتایج کولکسن و همکاران (6) مطابقت داشت.

جدول 1- ترکیب شیمیایی ارقام جو[1]

Table 1- Chemical composition of barley cultivars[1]

ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک) Chemical composition (% DM)	ارقام جو Baeley cultivars						SEM	P-value
	یوسف Yousef	نصرت Nosrat	CB7910	ماکویی Makooei	آبیدر Abidar	سرارود Sararood		
خاکستر Ash	2.449	2.062	2.584	2.428	2.434	2.566	0.059	0.076
چربی خام Crude fat	1.792	1.791	1.630	1.868	1.846	1.896	0.033	0.248
پروتئین خام Crude protein	11.411^{b}	11.172^{c}	9.566^{d}	14.163^{a}	9.747^{d}	11.039^{c}	0.454	<0.001
نشاسته Starch	49.369	54.923	53.176	49.998	53.078	49.192	0.759	0.064
فیبر محلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (ADF)	7.455	6.264	6.926	6.426	5.587	7.117	0.219	0.107
فیبر محلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (NDF)	17.766^{b}	16.952^{b}	19.936^{a}	17.122^{b}	14.735^{c}	20.058^{a}	0.557	<0.001
لیگنین Lignin	1.407	0.892	1.314	0.933	0.771	0.972	0.086	0.128
پروتئین محلول (درصدی از پروتئین خام) Soluble protein (% CP)	24.072^{b}	24.498^{b}	27.615^{a}	28.936^{a}	28.743^{a}	24.315^{b}	0.649	0.046
نیتروژن غیر پروتئینی (درصدی از پروتئین خام) Non protein nitrogen (% CP)	5.354^{b}	5.592^{b}	7.602^{b}	13.218^{a}	6.342^{b}	8.147^{ab}	0.901	0.003
پروتئین نامحلول در شوینده خنثی (درصدی از پروتئین خام) Neutral detergent insoluble crude protein (% of CP)	16.550^{a}	16.347^{a}	17.778^{a}	11.709^{b}	12.706^{b}	15.660^{a}	0.672	<0.001
پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی (درصدی از پروتئین خام) Acid detergent insoluble crude protein (% CP)	4.093	3.662	3.453	3.484	3.027	3.001	0.129	0.071
NDF تصحیح شده برای نیتروژن Nitrogen corrected NDF	15.877^{b}	15.126^{b}	18.235^{a}	15.464^{b}	13.497^{c}	18.329^{a}	0.522	0.001
ADF تصحیح شده برای نیتروژن Nitrogen corrected ADF	6.988	5.855	6.595	5.932	5.291	6.785	0.215	0.124

[1] در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0/05).

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

تفاوت در نتایج گزارش شده احتمالاً به دلیل تفاوت در نوع رقم (پوشینه و غیر پوشینه)، شرایط محیطی، مرحله برداشت و روش اندازه‌گیری باشد. ارقام جو بدون پوشینه در مقایسه با ارقام پوشینه دار پروتئین خام بیشتر و فیبر خام کمتری دارند، همچنین ارقام سردسیر در مقایسه با ارقام گرمسیر نشاسته و دیواره سلولی بیشتری دارند (11). 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 مطالعه شده در این آزمایش و نتایج گزارش شده احتمالا به دلیل تفاوت در نوع واریته، شرایط محیط رشد و میزان تولید دانه باشد.

رقم ماکویی نه تنها بیشترین میزان پروتئین خام را داشت بلکه بیشترین میزان پروتئین محلول (28/936 درصد از پروتئین خام)، نیتروژن غیر پروتئینی (13/218 درصد از پروتئین خام) و کمترین میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی (11/709 درصد از پروتئین خام) را داشت. پروتئین محلول و نیتروژن غیر پروتئینی (آمونیاک، پپتیدهای کوچک، اسیدهای آمینه آزاد، آمین‌ها، آمیدها و ...) بخشی از پروتئین خوراک هستند که محلول در آب و مایع شکمبه هستند و خیلی سریع در شکمبه به وسیله میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شوند، اما نیتروژن متصل به دیواره سلولی به آرامی در شکمبه تجزیه شده و بخشی از آن به روده باریک وارد می‌شود. آلبومین‌ها، گلوبولین‌ها، پرولامین‌ها و گلوتلین‌ها چهار گروه اصلی پروتئین دانه غلات هستند که توزیع و حلالیت هر یک از این پروتئین‌ها در دانه غلات متفاوت می‌باشد. آلبومین و گلوبولین به ترتیب محلول در آب و محلول نمکی هستند. لذا بخشی از تفاوت در میزان پروتئین محلول احتمالا به دلیل تفاوت در توزیع و حلالیت این پروتئین‌ها می‌باشد. به‌علاوه نیتروژن متصل به دیواره سلولی هم میزان پروتئین محلول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش میزان نیتروژن متصل به دیواره سلولی باعث کاهش میزان پروتئین محلول می‌شود. میزان نیتروژن غیر پروتئینی و پروتئین محلول ارقام جو مطالعه شده در این آزمایش با نتایج گزارش شده به وسیله اسنیفن و همکاران (27) و دمیران و یو (8) تفاوت داشت. اسنیفن و همکاران (27) میزان پروتئین محلول و نیتروژن غیر پروتئینی دانه جو را به ترتیب برابر 17 درصد از پروتئین خام و 29/4 درصد از پروتئین محلول گزارش کردند. دمیران و یو (8) میزان پروتئین محلول و نیتروژن غیر پروتئینی چهار رقم جو را به ترتیب برابر 30-26 درصد از پروتئین خام و 39/1-21/9 درصد از پروتئین محلول گزارش کردند. تفاوت در نوع واریته، شرایط محیطی، روش اندازه گیری نیتروژن غیر پروتئینی (13 و 16)، و روش برداشت و خشک کردن و انبار کردن مواد خوراکی (32) و استفاده از رسوب دهنده‌های مختلف پروتئین (13) در آزمایش‌های مختلف می‌تواند عامل اختلاف بین نتایج گزارش شده باشد. میزان نیتروژن متصل به دیواره سلولی ارقام جو در این آزمایش بیشتر از مقادیر گزارش شده به وسیله دمیران و یو (8) (9/1- 6/4 درصد پروتئین خام) و اسنیفن و همکاران (27) (8 درصد پروتئین خام) و کمتر از نتایج گزارش شده به وسیله یو و همکاران (37) بود. این محققان میزان نیتروژن متصل به دیواره سلولی دو رقم جو هرینگتون[1] و والیر[2] را 30/5 و 28/1 درصد از از پروتئین خام گزارش کردند. تفاوت در نتایج گزارش شده احتمالا به دلیل تفاوت در نوع رقم، میزان دیواره سلولی، پروتئین محلول، و شرایط محیطی می‌باشد. با افزایش میزان دیواره سلولی میزان نیتروژن متصل به دیواره سلولی افزایش می‌یابد. این بخش به آرامی در شکمبه تجزیه شده و بخشی از آن وارد روده باریک می‌شود.

بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات

بخش‌های پروتئین ارقام جو مطالعه شده در جدول 2 نشان داده شده است. بخش PA پروتئین که بیشتر ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی مانند آمونیاک، پپتیدهای کوچک، اسیدهای آمینه آزاد، آمین‌ها و آمیدها، پورین‌ها، پریمیدین‌ها، نیترات‌ها و آلکالوئیدها می‌باشد (27) در دامنه 13/218- 5/354 درصد از پروتئین خام بود ($p<0/05$) و رقم ماکویی و یوسف به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بخش PA را داشتند. این نتایج با نتایج جدول 1 مطابقت داشت. این بخش همان‌طور که در بالا به آن اشاره شد ارتباط مستقیمی با پروتئین محلول و نیتروژن غیر پروتئینی دارد. افزایش در میزان پروتئین محلول و نیتروژن غیر پروتئینی باعث افزایش این بخش می‌شود. لذا تفاوت در میزان بخش PA ارقام جو مطالعه شده در این آزمایش به دلیل تفاوت در میزان پروتئین محلول و نیتروژن غیر پروتئینی می‌باشد (جدول 1). یو و همکاران (37) میزان PA دو رقم جو هرینگتون و والیر را 7/5-6/2 درصد از پروتئین خام گزارش کردند. دمیران و یو (8) در آزمایش دیگری میزان PA چهار رقم جو بدون پوشینه (CDC Fibar، CDC Rattan، HB08302 و McGwire) را 11/7-6/1 درصد از پروتئین خام گزارش کردند. اسنیفن و همکاران (27) میزان این بخش را 5 درصد از پروتئین خام گزارش کردند. نوع واریته، شرایط محیطی، روش اندازه‌گیری نیتروژن غیر پروتئینی (13 و 16)، و روش برداشت و خشک کردن و انبار کردن مواد خوراکی (32) و استفاده از رسوب دهنده‌های مختلف پروتئین (13) در آزمایش‌های مختلف می‌تواند عامل اختلاف بین نتایج گزارش شده باشد.

بخش PB1 پروتئین ارقام جو در این آزمایش در دامنه 22/400- 15/597 درصد از پروتئین خام بود ($p=0/07$) و ارقام آبیدر

1- Harington
2- Valier

و ماکویی به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بخش PB1 پروتئین را داشتند. این بخش عمدتاً شامل گلوبولین‌ها و آلبومین‌ها می‌باشد که به سرعت در شکمبه تجزیه شده و مقادیر کمی از این بخش به قسمت‌های پایین‌تر دستگاه گوارش می‌رسند که هضم روده‌ای در آنجا انجام می‌شود. این بخش رابطه مستقیم با میزان پروتئین محلول و رابطه عکس با میزان PA دارد. افزایش پروتئین محلول باعث افزایش میزان بخش PB1 می‌شود، با توجه به اینکه ارقام جو مطالعه شده به لحاظ پروتئین محلول و بخش PA تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول 2)، لذا تفاوت در میزان بخش PB1 ارقام جو به این دلیل می‌تواند باشد. ترکیب شیمیایی خوراک همان‌طور که در بالا اشاره شد تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی می‌باشد. اصلاح جو در کشور ما به دو طریق صورت می‌پذیرد: 1- اصلاح واریته‌های جدید جو با استفاده از تلاقی بین ارقام تجاری، لاین‌های خاص و ارقام بومی غلات و ایجاد ترکیبات جدید. 2- اصلاح واریته‌های جدید با استفاده از مواد ژنتیکی وارداتی، لذا خصوصیات کمّی و کیفی ارقام تجاری، لاین‌های خاص و ارقام بومی که برای تلاقی استفاده می‌شود ممکن است خصوصیات ارقام جدید تولید شده را تحت تأثیر قرار دهد. چون بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات بر اساس نتایج حاصل از آنالیز تجزیه شیمیایی می‌باشند، لذا هر گونه تغییر در ترکیب شیمیایی، بخش‌های پروتئین و کربوهیدرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. میزان PB1 ارقام جو مطالعه شده در این آزمایش در مقایسه با مقادیر گزارش شده به وسیله یو وهمکاران (37) (10/6-11/4 درصد از پروتئین خام) و اسنیفن و همکاران (27) (12 درصد از پروتئین خام) بیشتر بود، اما با نتایج گزارش شده به وسیله چالوپا و اسنیفن (5) (18/3-22/2 درصد پروتئین خام) مطابقت داشت. بخشی از اختلاف بین گزارش‌های مختلف احتمالا مربوط به استفاده از بافرهای مختلف (7، 13 و 14) و نوع واریته می‌باشد.

بخش PB2 پروتئین ارقام جو در دامنه 54/607-59/377 درصد از پروتئین خام بود (P=0/06). این بخش از آلبومین‌ها و گلوتین‌ها تشکیل شده و نرخ تجزیه‌پذیری کمتری نسبت به بخش PB1 دارد. این بخش از اختلاف بخش‌های PA، PB1، PB3 و PC محاسبه می‌شود، لذا عواملی که میزان بخش‌های PA، PB1، PB3 و PC را تحت تأثیر قرار می‌دهند بر میزان PB2 تأثیر دارند. تفاوت در میزان هر یک از این بخش‌ها میزان بخش PB2 را تحت تأثیر قرار می‌دهد (27). مقادیر PB2 پروتئین ارقام جو در این آزمایش کمتر از مقادیر گزارش شده به وسیله میرزایی و همکاران (19) بود (65/3 درصد از پروتئین خام)، اما با مقادیر گزارش شده به وسیله یو و همکاران (37) مطابقت داشت. چون این بخش از طریق اختلاف محاسبه می‌شود لذا تمامی اشتباه‌های ناشی از اندازه گیری در این بخش جمع می‌شوند که احتمالا یکی از دلایل اختلاف مقادیر گزارش شده توسط محققین مختلف می‌باشد (20 و 27). حرارت دادن مواد خوراکی، پروتئین‌های PB2 را تخریب کرده و آنها را نامحلول می‌سازد در این صورت بخش‌های PB3 و PC که بخش اعظمی از پروتئین غیر قابل تجزیه را تشکیل می‌دهند افزایش می‌یابد (32 و 36). از آنجا که بخش زیادی از پروتئین جو را گلوتلین‌ها تشکیل می‌دهند بالا بودن بخش PB2 پروتئین جو در مقایسه با بخش‌های دیگر پروتئین (PA، PB1، PB3 و PC) را می‌توان به وجود این پروتئین‌ها نسبت داد. سیلو کردن باعث کاهش بخش PB2 و افزایش بخش PA می‌شود (5 و 32).

دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده بخش PB3 پروتئین ارقام جو بین 8/225-14/324 درصد از پروتئین خام بود (P<0/05) که در مقایسه با نتایج دمیران و یو (8) (6/3-8/3) بیشتر و از مقادیر گزارش شده به وسیله یو و همکاران (37) (26 درصد از پروتئین خوراک) کمتر بود. این بخش از نرخ تجزیه‌پذیری کندی در مقایسه با بخش‌های PA، PB1 و PB2 دارد. این بخش رابطه مستقیم با میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی و رابطه عکس با میزان نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی دارد. لذا تفاوت در میزان PB3 بین ارقام جو مطالعه شده به این دلیل می‌تواند باشد. تفاوت بین گزارش‌های مختلف احتمالا به دلیل مقدار دیواره سلولی، پروتئین خام، شرایط محیطی و نوع رقم باشد. بخش PC تفاوت معنی‌داری بین ارقام جو نداشت (P=0/07) و در دامنه 4-3 درصد از پروتئین خام بود. این بخش رابطه مستقیم با میزان نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی دارد و بیشتر شامل محصولات واکنش میلارد باند شده به لیگنین می‌باشند (31). لذا درجه حرارت مناسب و کنترل شده طی فرایندهای حرارتی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد.

نتایج تعیین بخش‌های کربوهیدرات ارقام جو مورد آزمایش در جدول 3 نشان داده شده است. مقدار کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی تفاوت معنی‌داری بین ارقام جو داشت (P<0/05) و در دامنه 84-78 درصد از کربوهیدرات بود. این بخش از محتویات سلولی، شامل قندها، نشاسته، پکتین، زنجیرهای کوتاه با منشاء سلولزی بتا گلوکان و در محصولات سیلو شده اسیدهای تخمیری می‌باشد. این بخش ترکیبی نیست که بتوان ارزش شیمیایی آن را به دست آورد اما تا حدودی می‌توان با استفاده از مقادیر پروتئین خام، دیواره سلولی، چربی خام و خاکستر مقدار آنرا تخمین زد. این بخش رابطه منفی با میزان پروتئین خام، چربی، خاکستر و دیواره سلولی تصحیح شده برای نیتروژن دارد. ارقام جو مطالعه شده به لحاظ پروتئین خام و دیواره سلولی تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول 1)، لذا تفاوت در میزان کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی احتمالا به دلیل تفاوت در میزان پروتئین خام، دیواره سلولی بین ارقام جو می‌باشد. اسنیفن و همکاران (27) میزان کربوهیدرات غیر ساختمانی جو را 71/18 درصد از کربوهیدرات گزارش کردند. یو و همکاران (37) و دمیران و یو (8) میزان کربوهیدرات غیر ساختمانی جو را به ترتیب برابر 60-50 درصد از

ماده خشک و 67/7-56/7 درصد از ماده خشک گزارش کردند.

بخش CA کربوهیدرات که شامل قندها است و در شکمبه سریع تجزیه می‌شود تفاوت معنی‌داری بین ارقام جو نداشت (دامنه 17/175-22/853درصد از کربوهیدرات). ارقام یوسف و CB.79.10 به لحاظ عددی بیشترین و کمترین میزان بخش CA کربوهیدرات را داشتند. بخش CB2 تفاوت معنی‌داری بین ارقام جو داشت (p<0/05). مقدار CB2 ارقام جو در دامنه 13/544-18/931 درصد از کربوهیدرات بود و ارقام سرارود و آبیدر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان CB2 را داشتند. این بخش تحت تأثیر میزان دیواره سلولی، نیتروژن متصل به دیواره سلولی، لیگنین، پروتئین خام و کربوهیدرات کل می‌باشد. بخشی از تفاوت در میزان CB2 ارقام جو مطالعه شده در این آزمایش به دلیل تفاوت در میزان دیواره سلولی، نیتروژن متصل به دیواره سلولی، لیگنین، پروتئین خام و کربوهیدرات کل می‌باشد (27). میزان CB2 جو در منابع مختلف 23-20 (37)، 7/17-27/4 (8)، 11/6-7/6 (40) درصد از کربوهیدرات گزارش کردند.

جدول 2- بخش‌های پروتئین ارقام جو مطالعه شده به روش سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل[1]

Table 2- Protein fractions of barley cultivars studied by cornell net carbohydrate and protein system[1]

بخش‌های پروتئین (درصدی از پروتئین خام) Protein fractions (% of CP)	ارقام جو Barley cultivars						SEM	P-value
	یوسف Yousef	نصرت Nosrat	ماکویی Makooei	CB79.10	آبیدر Abidar	سرارود Sararood		
محلول پروتئین Soluble protein (PA)	5.354^{b}	5.592^{b}	13.218^{a}	7.602^{b}	6.342^{b}	8.147^{ab}	0.901	0.003
پروتئین با تجزیه پذیری سریع Rapidly degrade protein (PB1)	18.717	18.905	15.718	20.013	22.400	19.197	0.730	0.078
پروتئین با تجزیه‌پذیری متوسط Intermediately degraded protein (PB2)	59.378	59.154	59.355	54.608	58.553	57.005	0.595	0.065
پروتئین با تجزیه‌پذیری کم Slowly degrade protein (PB3)	12.458^{ab}	12.686^{a}	8.225^{c}	14.324^{a}	9.678^{bc}	12.658^{a}	0.639	0.001
پروتئین باند شده Bound protein (PC)	4.093	3.663	3.484	3.453	3.027	3.001	0.129	0.071
پروتئین حقیقی True protein	90.553	90.745	83.297	88.945	90.630	82.595	1.326	0.207
پروتئین با تجزیه پذیری سریع (درصدی از پروتئین حقیقی) PB1 (% of true protein)	20.674	20.837	18.860	22.497	24.715	22.028	0.698	0.151
پروتئین با تجزیه‌پذیری متوسط (درصدی از پروتئین حقیقی) PB2 (% of True protein)	65.568	65.180	71.259	61.405	64.606	69.503	1.262	0.242
پروتئین با تجزیه‌پذیری کم (درصدی از پروتئین حقیقی) PB3 (% of true protein)	13.757^{ab}	13.983^{ab}	9.880^{c}	16.097^{a}	10.678^{bc}	15.399^{a}	0.719	0.003

[1] در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0/05).

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

نتیجه گیری کلی

تعیین ارزش غذایی ارقام جو با استفاده از سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل نشان داد که ارقام جو 55-49 درصد (میانگین 52 درصد ماده خشک) نشاسته و 14-9 درصد (میانگین 11درصد ماده خشک) پروتئین خام داشتند. میزان پروتئین خام، دیواره سلولی، پروتئین محلول، نیتروژن غیر پروتئینی و نیتروژن متصل به دیواره سلولی بین ارقام جو تفاوت معنی‌داری داشت و رقم ماکویی بیشترین میزان پروتئین خام، پروتئین محلول، نیتروژن غیر پروتئینی و کمترین میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی را در بین ارقام جو داشت. بخش‌های PA، PB1، PB3 پروتئین و بخش‌هایNSC و CB2 کربوهیدرات بین ارقام جو تفاوت معنی‌داری داشت. رقم ماکویی

بیشترین میزان PA و کمتـرین میـزان PB1 و PB3 را داشـت. رقـم آبیدر بیشترین میزان NSC و کمترین میزان CB2 را در بین ارقام جو داشت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ارقام مختلف جو ترکیب شیمیایی و بخش های پروتئین و کربوهیدرات متفاوتی دارند و تفـاوت در این بخش‌ها می‌تواند مقدار پروتئین و کربوهیدرات تجزیه شـده در شکمبه و عبوری به قسمت‌های پایین دستگاه گوارش را تحـت تـأثیر قرار دهد. اطلاعات حاصل از این آزمایش می‌تواند برای تنظیم دقیـق تر جیره غذایی با استفاده از سیستم پـروتئین و کربوهیـدرات خـالص کرنل و تفسیر بهتر نتایج آزمایشات مزرعه‌ای به کار رود.

سپاسگزاری

بـدین وسـیله از همکـاری دانشـگاه فردوسـی مشـهد، دانشـگاه ساسکاچوآن کانادا و مرکز اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کمال تشکر و امتنان را داریم.

جدول 3- بخش‌های کربوهیدرات ارقام جو مطالعه شده به روش سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل[1]

Table 3- Carbohydrate fractions of barley cultivars studied by cornell net carbohydrate and protein system[1]

بخش‌های کربوهیدرات (درصدی از کربوهیدرات) Carbohydrate fractions (% of CP)	ارقام جو Barley cultivars						SEM	P-value
	یوسف Yousef	نصرت Nosrat	CB79.10	ماکویی Makooei	آبیدر Abidar	سرارود Sararood		
کربوهیدرات با تجزیه پذیری سریع Rapidly degraded carbohydrate (CA)	81.174 b	82.198 b	78.849 c	81.035 b	84.301 a	78.307 c	0.612	<0.001
کربوهیدرات با تجزیه پذیری متوسط Intermediately degraded carbohydrate (CB1)	22.853	17.563	17.175	19.717	22.565	19.880	0.805	0.153
کربوهیدرات با تجزیه‌پذیری کند Slowly degrsded carbohydrate (CB2)	58.322	64.635	61.674	61.318	61.738	58.427	0.780	0.121
فیبر غیر قابل دسترس Unavailable fiber (PC)	14.822 bc	15.458 abc	17.493 ab	16.217 abc	13.544 c	18.931 a	0.556	0.011

[1] در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<0/05).

[1] Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

منابع

1- AOAC International. 1990. Official Methods of Analysis, 15t[h] ed. Association of Analytical Chemists, Washington, DC.

2- Anker, N. K., E. M. Færgesta., S. Sahlstrøm, and A. K. Uhlen. 2006. Interaction between barley cultivars and growth temperature on starch degradation properties measured in vitro. Animal Feed Science and Technology, 130: 3–22.

3- Blum, A. 1989. Breeding methods for drought resistance. Pages 197-215 in Plants under Stress. H. T. J. Flowers and M. B. Jones, ed. Cambridge Univ Press.

4- Bonnett, G. D, and L. D. Incoll. 1992. Effects on the stem of winter barley of manipulating the source and sink during grain- filling 1. Changes in accumulation and loss of mass from internodes. Journal of Experimental Botany, 44: 75-82.

5- Chalupa, W, and C. J. Sniffen. 1996. Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle—today and tomorrow. Animal Feed Science and Technology, 58: 65-75.

6- Colkesen, M., A. Kamalak., O. Canbolat., Y. Gurbuz, and C. Ozkan. 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.

7- Crooker, B., C. Sniffen., W. Hoover, and L. Johnson. 1978. Solvents for soluble nitrogen measurements in feedstuffs. Journal of Dairy Science, 61: 437-447.

8- Damiran, D, and P. Yu. 2010. Chemical profile, rumen degradation kinetics, and energy value of four hull-less barley cultivars: comparison of the zero-amylose waxy, waxy, high-amylose, and normal starch cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 10553-10559.

9- FAOSTAT. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat.

10- Fox, D. G., C. J. Sniffen., J. D. O'Connor., J. B. Russell, and P. J. Van Soest. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. Journal of Animal Science, 70: 3578-3596.

11- Ghezeljeh, A. E., D. M. Mesgaran., N. H. Moghaddam, and A. Vakili. 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.

12- Ghorbani, G, and A. Hadj-Hussaini. 2002. In situ degradability of Iranian barley grain cultivars. Small Ruminant Research, 44: 207-212.

13- Greenberg, N. A, and W. F. Shipe. 1979. Comparison of the abilites of trichloroacetic, picric, sulfosalicylic, and tungestic acids to precipitate protein hydrolysates and proteins. Journal of Food Science, 44: 7735-737.

14- Krishnamoorthy, U., T. Muscato, C. Sniffen, and P. Van Soest. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. Journal of Dairy Science, 65: 217-225.

15- Lanzas, C., C. J. Sniffen, S. Seo, L. O. Tedeschi, and D. G. Fox. 2007. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. Animal Feed Science and Technology, 136: 167-190.

16- Licitra, G., T. Hernandez, and P. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 57: 347-358.

17- Lopez Castaneda, C., R. A. Richards, D. G. Farquhar, and R. E. Williamson. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigour among temperate cereals. Crop Science, 36: 1257-1266.

18- Larter, E. N., P. J. Kaltsikes., P. J, and R. C. Mcginnis. 1971. Effect of date and rate of seeding on the performance of titicale in comparison to wheat. Crop Science, 11: 593-595.

19- Morrison, W. R. 1995. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. Cereal Foods World, 40: 437-446.

20- Mirzaii, A. H. R., H. Amanloo, and A. Nikkhah. 2005. Protein and carbohydrate fractions of common feedstuffs in the Cornell Net Carbohydrate and Protein system. Iranian Journal of Agricultural Science, 2: 409-414. (In Persian).

21- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th rev. ed. Natl. Acad Press, Washington, DC.

22- O'Connor, J. D., C. J. Sniffen., D. G. Fox, and W. Chalupa. 1993. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. Journal of Animal Science, 71: 1298-1311.

23- Pitt, R. E., J. S. Van Kessel, D. G. Fox., A. N. Pell., M. C. Barry, and P. J. Van Soest. 1996. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. Journal of Animal Science, 74: 226-244.

24- Paul, M. J, and M. Stitt. 1993. Effects of nitrogen and phosphorus deficiencies on levels of carbohydrates, respiratory enzymes and metabolites in seedlings of tobacco and their response to exogenous sucrose. Plant Cell and Environment, 16: 1047-1057.

25- Pelton, w. L, 1969. Influence of low seeding Department of Plant Science' Faculry of rates on wheat yield in southwestern saskatche- Agriculture and Forestry' University -of wan. Canadian Journal of Plant Science, 49: 60.-61

26- Russell, J. B., J. D. O'Connor., D. G. Fox., P. J. Van Soest, and C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation . Journal of Animal Science, 70: 3551-3561.

27- Sniffen, C. J., J. D. O'Connor., P. J. Van Soest., D. G. Fox, and J. B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science, 70: 3562-3577.

28- Spiertz, J. H. J. 1977. The influence of temperature light intensity on grain growth in relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. Netherlands Journal of Agricultural Science, 25: 182-197.

29- Thornley, J. H. M. 1979. Wheat grain growth: anthesis to maturity. Australian Journal of Plant Physiology, 6: 187.

30- Torp, J., H. Doll, and V. Haahr. 1981. Genotypic and environmental influence upon the nutritional composition of barley grain. Euphytica, 30: 719-728

31- Van Soest, P, and V. Mason. 1991. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. Animal Feed Science and Technology, 32: 45-53.

32- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press.

33- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.

34- Van Sanford, D. A, and C. T. Mackown. 1987. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. Crop Science, 27: 295-300.
35- Vieira, R. D., D. M. Tekrony, and D. B. Egli. 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field of soybean seed germination and vigor .Crop Science, 32: 471-475.
36- Wallace, R. J., R. Onodera, and M. A. Cotta. 1997. Metabolism of nitrogen-containing compounds. Pages 283-328 in The Rumen Microbial Ecosystem. P. N. Hobson and C. S. Stewart, ed. Springer Netherlands.
37- Yu, P., J. Meier, D. Christensen, B. Rossnagel, and J. McKinnon. 2003. Using the NRC-2001 model and the DVE/OEB system to evaluate nutritive values of Harrington (malting-type) and Valier (feed-type) barley for ruminants. Animal feed Science and Technology, 107: 45-60.
38- Yu, P. 2006. Molecular chemical structure of barley proteins revealed by ultra spatially resolved synchroton light sourced FTIR microspectroscopy: comparison of barley varieties. Biopolymers, 85: 308-318
39- Yang, J., J. Zhang., Z. Huang., Q. Zhu, and L. Wang. 2000. Remobilization of carbon reserved is improved by controlled soil drying during grain filling of wheat. Crop Science, 40: 1645-1655.
40- Zhang, X, and P. Yu .2012 Relationship of carbohydrate molecular spectroscopic features in combined feeds to carbohydrate utilization and availability in ruminants. Spectrochimica. Acta. A, 92: 225-233.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 541-552

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 552-541

Study of Carbohydrate and Protein Fractions in Different Barley Cultivars Using Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

H. Gholizadeh[1*]-A. A. Naserian[2]- R. Valizadeh[2]- A. M. Tahmasbi[2]

Received: 06-10-2013
Accepted: 08-10-2016

Introduction Barley is a major cereal grain in Iran. It is the primary constituent of concentrate rations for dairy and beef cattle as sources of energy and protein. The cultivation areas of barley is about 1.68 million ha which normally produce 3.4 million tones of grains. Depending upon local climate condition in Iran, plant breeding experts developed different types of barley (moderate, cold, and dry). Differences in the nutritional characteristics among barley varieties have been reported. Barley cultivars differ in chemical composition and ruminal digestion characteristics. *In-vitro* gas production results also show there are significant differences in ruminal dry matter disappearance among Iranian barley cultivars. These differences may be attributed to carbohydrate and protein fractions such as rapidly degradable protein and carbohydrate (PA and CA). Little research has been conducted to determine the differences between and within varieties of barley in terms of carbohydrate and protein fractions. This study was carried out to determine protein and carbohydrate fractions of barley cultivars.

Materials and Methods Barley cultivars including: 1- *cv.* Yousef, 2- *cv.* Nosrat, 3- *cv.* CB.79.10, 4- *cv.* Makooei, 5- *cv.* Abidar, and 6- *cv.* Sararood were obtained from Karaj Research Station which is located in central Tehran. Samples were ground using a Retsch ZM200, Rose, Scientific Ltd., Canada through a 0.5 mm screen for starch analysis and through a 1 mm screen for other chemical analyses. Dry matter (DM), ash, crude fat, and crude protein (CP) contents were analyzed according to the procedure of the AOAC. The acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent lignin (ADL) values were analyzed. The starch was analyzed using the Megazyme Total Starch Assay Kit (Megazyme International Ltd., Wicklow, Ireland). The non protein nitrogen content was obtained by precipitation of true protein in the filtrate with trichloroacetic acid and determined as the difference between total N and the N content of the residue after filtration. The amount of CP associated with NDF was determined by analyzing the NDF residues for CP. Soluble crude protein was determined by incubating the sample with bicarbonate-phosphate buffer and filtering through Whatman filter paper. The carbohydrate (CHO) was calculated according to formulas of the NRC dairy. Crude protein and carbohydrate fractions were partitioned according to the Cornell Net Carbohydrate Protein System. The CP fractions are: (1) non protein nitrogen (PA), (2) true protein, and (3) unavailable protein (PC). The true protein fraction is divided into three fractions: (1) rapidly degradable (PB1), (2) intermediately degradable (PB2), and (3) slowly degradable (PB3). The rapidly degradable fraction was determined as the trichloroacetic acid-precipitable fraction. The intermediately degradable fraction of true protein is insoluble in buffer, but soluble in neutral detergent. The slowly degradable fraction is believed to be more slowly degraded in the rumen than fractions rapidly and intermediately degradable because of its association with the plant cell wall; thus, a large proportion of this fraction is believed to escape the rumen. The unavailable protein fraction is the acid detergent insoluble N. Carbohydrate was fractionated into (1) soluble fraction (CA), which is composed of fermentable soluble sugars, (2) intermediately degradable fraction (CB1), which is starch and pectin, (3) slowly degradable fraction (CB2), which is the available cell wall with a slow degradation rate of 0.02-0.10 h-1, and an unfermentable fraction, which is the unavailable cell wall (CC).

Results and Discussion Barley cultivars had 49-55 % of DM starch and 9-14 % of DM crude protein. They differed in crude protein, soluble protein, neutral detergent fiber, non-protein nitrogen, and neutral detergent insoluble protein. Makooei had the greatest amount of crude protein and non-protein nitrogen, and the lowest amount of neutral detergent insoluble protein. Barley cultivars differed in protein and carbohydrate fractions. Makooei had the greatest amount of PA and the lowest amount of PB1and PB3. Abidar had the greatest amount of PB1, NSC and the lowest amount of CB2.

1- PhD student of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
2- Professor of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: gholizadeh.hojat@gmail.com)

Conclusion Type of cultivar had significant effect on the protein and carbohydrate fractions of barley. Difference in protein and carbohydrate fractions can be influenced the protein and carbohydrate availability in ruminants. Results of the current study can be used to select and improve barley cultivars and accurate ration formulation in ruminants.

Key words: Barley cultivars, Carbohydrate, Protein, Fractions.