نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، ص. ۴۲۱-۴۱۲

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 3, No. 4, Winter 2012, p. 412-421

تعیین خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و قابلیت هضم برخی فرآورده های فرعی کشاورزی

مجید دهقان[۱]- رضا طهماسبی[۲*]- امید دیانی[۳]- امین خضری[٤]

تاریخ دریافت:۸۹/۹/۱۴
تاریخ پذیرش:۹۰/۹/۱۳

چکیده

در این آزمایش خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و تخمین دیواره سلولی موثر فیزیکی و قابلیت هضم چند محصول فرعی کشاورزی شامل لرد، تفاله و هسته خرما، تفاله انگور، پوسته پسته، تفاله لیمو ترش و کاه برنج به روش برون تنی (*in vitro*) تعیین گردید. داده های جمع آوری شده در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار آنالیز آماری شدند. خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و قابلیت هضم در بین نمونه های خوراکی به طور معنی داری متفاوت بودند. کاه برنج با ظرفیت نگهداری آب بالا و دانسیته توده ای پایین بر روی فاز مایع شکمبه-نگاری شناور شده و سبب تحریک فرایند نشخوار می گردد. هسته خرما با دانسیته توده ای بالا تمایل به رسوب در شکمبه داشت. در بین خصوصیات شیمیایی، کربوهیدرات غیر فیبری تفاله لیمو ترش و پوسته پسته و پروتئین خام تفاله انگور، لرد و تفاله خرما با بقیه مواد خوراکی تفاوت معنی داری داشتند. با مشاهده نتایج خصوصیات فیزیکی، تفکیک اندازه ذرات و دیواره سلولی موثر فیزیکی، کاه برنج تامین کننده خصوصیات مناسب الیاف در جیره می باشد. همچنین تفاله انگور، هسته و لرد خرما می توانند تامین کننده بخشی از دیواره سلولی موثر فیزیکی جیره باشند. با استفاده از الک های جدید پنسیلوانیا، نسبت به نوع قدیمی آن، تفکیک اندازه ذرات و دیواره سلولی موثر فیزیکی دقیق تر محاسبه شد. در بین محصولات فرعی بررسی شده، از تفاله خرما با کربوهیدرات غیر فیبری و پروتئین مناسب و قابلیت هضم بالا می توان به نسبت بیشتری در جیره نشخوار کنندگان استفاده نمود.

واژه های کلیدی: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، قابلیت هضم، فرآورده های فرعی کشاورزی

مقدمه

فیبر از اجزاء مهم جیره می باشد و فراسنجه‌های متعددی همچون مصرف ماده خشک، مقدار و نوع کربوهیدراتهای غیر ساختمانی و ساختمانی، نسبت علوفه به کنسانتره، اندازه ذرات، روش فرآوری مواد خوراکی، نرخ تخمیرپذیری منابع فیبری و غیر فیبری و مدیریت آخور، میزان فیبر مورد نیاز گاوهای شیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۸). با توجه به تاثیر زیاد نسبت علوفه به کنسانتره بر تولید شیر، دیواره سلولی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار در تثبیت حد بالای نسبت علوفه به کنسانتره به‌کار رود (۲۰ و ۲۱)، اما برای بیان حد پایین این نسبت در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکی فیبر ضروری به نظر می‌رسد. بیان فیبر به‌صورت دیواره سلولی فقط بیانگر اهمیت شیمیایی آن بوده و خصوصیات فیزیکی فیبر نظیر اندازه ذرات و دانسیته را در نظر نمی گیرد. از آنجا که این خصوصیات، تخمیر شکمبه، متابولیسم، تولید چربی شیر و سلامت حیوان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، باید سیستمهای اندازه‌گیری فیبر مورد نیاز، مد نظر قرار گیرند. دیواره سلولی موثر فیزیکی[۵] و شاخص فیبر موثر دو سیستمی هستند که سعی در ادغام ماهیت شیمیایی دیواره سلولی و خصوصیات فیزیکی مواد خوراکی نمودند (۲۰).

علاوه بر اندازه، فاکتورهایی مانند شکل و توزیع اندازه ذرات، دانسیته توده ای، جرم حجمی و ظرفیت نگهداری آب از فراسنجه‌های مهمی هستند که در اندازه‌گیری دقیق تر احتیاجات فیبر موثرند (۸). مرتنز (۲۰)، پیشنهادهایی را برای دیواره سلولی موثر فیزیکی ارائه نمود. دیواره سلولی موثر فیزیکی یک ماده خوراکی به ویژگی‌های فیزیکی آن که تحریک کننده فعالیت جویدن و تثبیت کننده طبقه-بندی دوفازی محتویات، مرتبط است. به نظر می رسد شناسایی

۱،۲،۳و۴- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email:reza.tahmasbi@gmail.com)

5- physically effective NDF (peNDF)

خصوصیات شیمیایی و فیزیکی این محصولات فرعی و تعیین دقیق فراسنجه های فیزیکی آنها می تواند در جلوگیری از ناهنجاریهای متابولیکی و داشتن جیره متعادل تر موثر واقع شود. هدف از انجام این آزمایش تعیین خصوصیات فیزیکی و تخمین دیواره سلولی موثر فیزیکی برای سه محصول فرعی خرما (لرد، هسته و تفاله خرما)، کاه برنج، تفاله لیمو ترش، تفاله انگور و پوسته پسته و تعیین قابلیت هضم آنها به روش برون تنی بود.

مواد و روش ها

تعیین خصوصیات فیزیکی

توزیع اندازه ذرات مواد خوراکی: در این مطالعه از الکهای قدیم و جدید پنسیلوانیا برای تعیین توزیع اندازه ذرات استفاده گردید. برای اندازه گیری اندازه ذرات، ابتدا الک ها بصورت نزولی روی یکدیگر قرار داده شده و برای ۵ بار و با شدت ۱/۱ هرتز تکان داده شد. سپس به میزان یک چهارم چرخانیده شده و در مجموع این حرکت برای ۸ بار انجام گردید و پس از اتمام، مقدار مواد باقی مانده روی هر الک توزین گردید. میانگین هندسی و انحراف معیار میانگین هندسی ذرات مواد خوراکی براساس دستور العمل جامعه مهندسی کشاورزی آمریکا با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۹):

$$d_{gw} = log^{-1}\left[\frac{\sum(w_i log d_i)}{\sum w_i}\right]$$

$$S_{gw} = log^{-1}\left[\frac{\sum w_i(\log d_i - log d_{wg})}{\sum w_i}\right]^{\frac{1}{2}}$$

در این رابطه d_{gw}، میانگین هندسی ذرات; S_{gw}; انحراف معیار استاندارد میانگین هندسی ذرات با d_i، قطر منفذ الک (میلی متر) و w_i ، درصد تجمع ماده روی هر الک می باشد. فراسنجه موثر فیزیکی از جمع ماده خشک باقی مانده روی الک ها بدست می آید. پس از محاسبه فراسنجه موثر فیزیکی، الیاف موثر فیزیکی (peNDF) محاسبه می گردد که از ضرب فراسنجه موثر فیزیکی در میزان NDF بدست می آید.

تعیین دانسیته توده ای: برای اندازه گیری دانسیته توده ای محصولات فرعی از روش تصحیح شده گیگر-ریوردین (۱۵)، استفاده گردید. تعیین دانسیته توده ای به دو صورت BD50 (با استفاده از استوانه مدرج ۵۰ میلی متری) و BD100 (با استفاده از استوانه ۱۰۰ میلی متری) انجام گرفت. ابتدا یک استوانه مدرج ۱۰۰ میلی متری شیشه ای (با قطر داخلی دهانه ۲/۷ سانتی متر) را تا اندازه ۵۰ میلی لیتر با نمونه مورد آزمایش پر نموده و برای مدت ۱۵ ثانیه توسط شیکر با حرکت چرخشی تکان داده شد. وزن نمونه اندازه گیری شده و حجم آن ثبت گردید. سپس استوانه تا رسیدن به حجم ۱۰۰ میلی لیتر با نمونه مورد آزمایش پر نموده و برای ۵ ثانیه با حرکت چرخشی تکان داده شد. پس از اتمام تکان دادن، وزن کل نمونه و حجم نهائی آن ثبت گردید.

دانسیته توده ای = حجم نمونه/وزن نمونه

تعیین ظرفیت نگهداری آب: برای اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب[1] (WHC) محصولات فرعی از روش تصحیح شده گیگر- ریوردین (۱۵)، استفاده شد. ابتدا ۲/۵ گرم از نمونه مورد آزمایش را به مدت ۱۶ تا ۲۴ ساعت در ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر خیسانده و سپس نمونه با استفاده از یک بوته منفذ دار (اندازه منفذ شماره ۲) صاف گردید. نمونه آب گرفته برای مدت ۱۰ دقیقه روی صافی باقی مانده تا آب اضافی آن خارج شود و سپس وزن آن ثبت گردید. ظرفیت نگهداری به صورت گرم به ازاء گرم ماده خشک بیان گردید.

تعیین ماده خشک محلول: نمونه صاف شده باقیمانده به هنگام تعیین ظرفیت نگهداری آب در آون در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و توزین گردید. سپس در دمای ۶۰۵ درجه سانتی گراد برای ۳ ساعت به خاکستر تبدیل و مجدد توزین شد (۱۵). ماده خشک و خاکستر محلول به صورت گرم در گرم ماده خشک یا به صورت درصدی از وزن اولیه ترکیب مورد استفاده، محاسبه گردید.

جرم حجمی لحظه ای: معمول ترین روش برای تعیین جرم حجمی استفاده از پیکنومتر است. در روش پیکنومتر از یک ترازو برای تعیین وزن آب جا به جا شده توسط یک نمونه پس از پر کردن پیکنومتر توسط آب مقطر یا هر محلول دیگر با جرم حجمی مشخص استفاده می شود. در مرحله کالیبراسیون، وزن آب مقطر بدون گاز برای پرکردن پیکنومتر محاسبه شد. در مرحله دوم مقدار مشخصی از نمونه (۲- ۱/۵ گرم نمونه آسیاب شده با الک ۲ میلی متری) در پیکنومتر ریخته شد. ابتدا ۴۰ میلی لیتر از آب مقطر روی نمونه ریخته و به آرامی تکان داده شد تا با نمونه مخلوط گردد و پس از چند ثانیه، پیکنومتر مجدداً پر و وزن آن ثبت شد. پیکنومتر در زمانهای ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۴، ۶، ۱۰، ۱۲، ۳۶، ۴۸ و ۹۶ ساعت پر و وزن آن ثبت گردید (۳۰). تمام مراحل آزمایش در دمای ۳۹ درجه سانتی گراد انجام شد. جرم حجمی لحظه ای ماده خشک نامحلول در هریک از زمانهای آبگیری با معادله زیر محاسبه شد.

$$SG = Wr\ (W_0\text{-}[Wy\text{-}Wr]/Sa)$$

در معادله فوق SG، جرم حجمی لحظه ای؛ Wr، وزن ماده خشک نامحلول؛ Wy، وزن نمونه و محلول آب گیری در زمان های آبگیری بعد از پر کردن؛ W_0، وزن آب مقطر مورد نیاز برای پر کردن پیکنومتر و Sa، جرم حجمی محلول بعد از حل شدن بخشی از نمونه در آن در زمان های آبگیری.

1- Water holding capacity (WHC)

تعیین خصوصیات شیمیایی

میزان پروتئین خام، چربی خام، کربوهیدرات غیر فیبری، ماده خشک و خاکستر با توجه به روش هایAOAC (۷)، اندازه گیری شد. فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) بر اساس روش ون سوست و همکاران (۳۲)، اندازه گیری گردید.

روش برون تنی(*in vitro*)

این روش در آزمایشگاه و بر طبق روش دو مرحله ای تیلی و تری (۲۸)، انجام گرفت. مقدار ۰/۵ گرم از نمونه های آسیاب شده با الک یک میلیمتری برای هر کدام از فرآورده های داخل لوله های آزمایش ریخته شد. برای هر محصول فرعی سه تکرار در نظر گرفته شد. مراحل انجام این روش شامل تهیه شیرابه شکمبه، تهیه بزاق مصنوعی، هضم بی هوازی، هضم پپسین اسیدی بود. بعد از تعیین باقیمانده هضم وخاکستر، قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و ماده آلی در ماده خشک با استفاده از فرمول های زیر محاسبه گردید:

$$\text{قابلیت هضم ماده خشک} = \frac{a-[(b-c)-(d-c)]}{f}\times 100$$

$$\text{قابلیت هضم ماده آلی} = \frac{(a-e_1)-[(b-c-e_2)-(d-e_3)]}{f-e_1}\times 100$$

$$\text{قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک} = \frac{(a-e_1)-[(b-c-e_2)-(d-c-e_3)]}{f}\times 100$$

DMD: قابلیت هضم ماده خشک، OMD : قابلیت هضم ماده آلی، OMDDM: قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک، a: وزن نمونه اولیه، b: وزن کاغذ صافی و بقایای هضم، c: وزن خشک کاغذ صافی، d: وزن نمونه خالص وکاغذ صافی، f: وزن خشک نمونه اولیه،e_1: وزن خاکستر نمونه، e_2 : وزن خاکستر باقی مانده وe_3 : وزن خاکستر نمونه خالص.

تجزیه آماری داده ها و مدل آماری

برای مقایسه خصوصیات فیزیکی محصولات فرعی مورد آزمایش از طرح کاملا تصادفی، نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۰، ۲۰۰۲) و رویه ANOVA استفاده گردید و مقایسه میانگین ها به روش دانکن و در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد انجام شد. ارزیابی فراسنجه ها با سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی

جرم حجمی لحظه ای نمونه های خوراکی از نظر آماری به طور معنی داری ($P<0/01$) متفاوت بودند (جدول ۱). ذرات نمونه های مورد آزمایش، عموما از ذرات کاه برنج کوچک تر بوده و حالت کنسانتره ای داشتند. نمونه های خوراکی دیگر در مقایسه با کاه برنج با داشتن دیواره سلولی کمتر و پروتئین خام بیشتر جرم حجمی لحظه‌ای بالاتری داشتند ($P<0/01$). کاه برنج و هسته خرما با داشتن دیواره سلولی تقریبا یکسان از نظر میزان جرم حجمی لحظه ای متفاوت بودند که به ساختار دیواره سلولی آنها بر می‌گردد، زیرا کاه در ماتریکس زمینه ای دیواره سلولی دارای حفره های هوا بوده ولی ساختار هسته کاملا متراکم و بدون فضاهای خالی می باشد (۲۹). اما هسته، لرد و تفاله خرما، تفاله انگور به دلیل تفاوت در میزان جرم حجمی لحظه ای و پوسته پسته به علت دانسیته توده ای و درصد پروتئین خام بالا، جرم حجمی لحظه بالاتری داشتند. تفاله لیمو ترش به علت پکتین بالا و دیواره سلولی پایین دارای جرم حجمی لحظه ای بالاتری نسبت به کاه برنج بود. هوپر و ولچ (۱۶)، گزارش نمودند ذرات کوچکتر، جرم حجمی لحظه ای بالاتری دارند و ترکیبات شیمیایی بخصوص دیواره سلولی و پروتئین خام بر روی جرم حجمی لحظه ای موثر می باشند. تیموری (۲)، جرم حجمی لحظه ای کاه برنج را حدود ۱/۰۰۵ و زالی کره ناب و همکاران (۳)، جرم حجمی لحظه ای تفاله انگور را حدود ۱/۵۵ گزارش نمودند. سیلیکانو و مورفی (۲۳)، بیان نمودند که نوع ماده خوراکی، اندازه ذرات و مدت زمان تخمیر بر روی جرم حجمی لحظه ای موثر هستند و عموما این مقدار در علوفه ها پایین تر است. به طور کلی با افزایش زمان انکوباسیون و قرار گرفتن نمونه ها در محیط مایع، جرم حجمی لحظه ای نیز افزایش می یابد، که به کامل شدن عمل هیدراسیون در طول زمان نمونه گذاری مربوط بوده و سبب تغییر در وزن و حجم نمونه و در نهایت سبب تغییر جرم حجمی لحظه ای می گردد. تیموری و همکاران (۲۶)، و واتیاکس و همکاران (۳۰)، گزارش نمودند با افزایش مدت زمان انکوباسیون بر مقدار جرم حجمی لحظه ای افزوده می شود که به دلیل تغییر در وزن وحجم ذرات در طی هیدراسیون بوده و این افزایش در ذرات کوچکتر بیشتر است.

محصولات فرعی کشاورزی از نظر ظرفیت نگهداری آب به طور معنی داری ($P<0/01$) با یکدیگر متفاوت بودند. کاه برنج با داشتن ۷۸ درصد دیواره سلولی بیشترین مقدار ظرفیت نگهداری آب را با ۶/۱ گرم آب در هر گرم ماده خشک دارا بود، که دلیل آن احتمالا به وجود حفره های زیاد هوا در دیواره سلولی و جایگزین شدن فضای خالی با آب، می باشد (۱۵). هسته و لرد خرما و تفاله انگور نیز دارای دیواره سلولی نسبتا بالایی بودند اما عدم وجود حفره های خالی در ساختار دیواره سلولی آنها سبب اختلاف در میزان ظرفیت نگهداری آب آنها با کاه برنج گردید (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی محصولات فرعی کشاورزی

خصوصیات فیزیکی	پوسته پسته	تفاله انگور	تفاله خرما	تفاله‌لیمو ترش	کاه برنج	لرد خرما	هسته خرما	SEM	سطح معنی داری
جرم‌حجمی‌لحظه ای (گرم در میلی لیتر)	۱/۳۷^{c}	۱/۴۵^{c}	۱/۳۸^{c}	۱/۲۷^{d}	۱/۰۲^{e}	۱/۸۲^{a}	۱/۶۷^{b}	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۱
ظرفیت‌نگهداری آب (گرم در گرم ماده خشک)	۳/۵^{b}	۳/۰۵^{c}	۲/۳^{d}	۳/۴^{b}	۶/۱^{a}	۳/۱^{c}	۱/۷۲^{f}	۰/۰۲۷	۰/۰۰۰۱
ماده خشک‌محلول (در گرم ماده خشک)	۰/۵۵^{b}	۰/۱۳^{e}	۰/۵۷^{a}	۰/۲۷^{c}	۰/۱۳^{e}	۰/۱۹^{d}	۰/۱۲^{e}	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱
ماده خشک‌محلول (درصد ماده خشک)	۴۴/۳۳^{b}	۶/۹۰^{d}	۵۴/۵۳^{a}	۱۸/۱۷^{c}	۴/۰۷^{d}	۸/۷۹^{d}	۵/۹۸^{d}	۰/۶۵۵	۰/۰۰۰۱
خاکستر نامحلول (درصد خاکستر)	۳۰/۷^{f}	۹۰^{a}	۵۳/۵^{d}	۴۳^{e}	۸۵^{b}	۸۰^{c}	۸۸^{ab}	۰/۵۲۶	۰/۵۲۶
خاکستر نا محلول (درصد ماده خشک)	۴^{c}	۹/۱۹^{b}	۴/۲۸^{c}	۳/۳۲^{c}	۱۰/۳۵^{a}	۳/۷۴^{c}	۲/۳۵^{d}	۰/۱۰۶	۰/۰۰۰۱

*: میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P<۰/۰۵$).

با وجود پایین بودن میزان دیواره سلولی در پوسته پسته و تفاله لیموترش، وجود ترکیبات فنلی در پوسته پسته و پکتین درتفاله لیمو ترش و همچنین وجود لیگنین در تفاله انگور سبب افزایش میزان ظرفیت نگهداری آب در آنها گردید. گیگر- ریوردین (۱۵)، گزارش کرد به علت وجود فضاهای بزرگ هوا در ماتریکس دیواره سلولی مواد خوراکی با دانسیته توده ای پایین، با قرار گرفتن در محیط آبی شکمبه هیدراسیون در انها صورت گرفته و ظرفیت نگهداری آب بالاتری دارند. همچنین تفاوت در میزان ظرفیت نگهداری آب در نمونه هایی با دیواره سلولی پایین یا یکسان به وجود بعضی مواد مانند پکتین، نشاسته و لیگنین در آنها مرتبط است و میزان آن در نمونه های دارای پکتین، نشاسته و لیگنین بالاتر است.

قابلیت انحلال بین محصولات فرعی به طور معنی داری ($P<۰/۰۱$) متفاوت بود (جدول ۱). تفاله خرما و پوسته پسته بیشترین مقدار قابلیت انحلال و کاه برنج و هسته خرما کمترین مقدار ماده خشک محلول را داشتند (۵۴/۳۵ و ۴۴/۳۳ در مقابل ۴/۰۷ و ۵/۹۸). نتایج خاکستر محلول نشان داد با اینکه تفاله لیمو ماده خشک محلول کمتری نسبت به تفاله خرما داشت اما قابلیت انحلال خاکستر در آن بیشتر از تفاله خرما بود (۵۳ در برابر ۴۳/۵).

با توجه به داده های قابلیت انحلال مشخص می گردد با کاهش دیواره سلولی قابلیت انحلال افزایش یافته (پوسته پسته و تفاله لیمو ترش) و با افزایش دیواره سلولی قابلیت انحلال کاهش می یابد (کاه برنج). علت بالا بودن قابلیت انحلال در تفاله خرما با دیواره سلولی نسبتا بالا، شاید وجود مقادیر زیاد کربوهیدراتهای محلول در ساختارآن باشد (۵). گیگر- ریوردین (۱۵)، بیان نمود قابلیت انحلال با میزان دیواره سلولی رابطه معکوس داشته و با افزایش درصد خاکستر، معمولا قابلیت انحلال خاکستر نیز افزایش می یابد. در تحقیق بهگر (۱) بیشترین میزان قابلیت انحلال در بین نمونه های مورد مطالعه مربوط به پوسته پسته گزارش نمود. در این تحقیق مقدار بالای خاکستر محلول در پوسته پسته به علت مقدار بالای پتاسیم محلول در آب ذکر شد.

دانسیته توده ای برای محصولات فرعی به دو صورت BD50 و BD100 محاسبه گردید (جدول ۲). کاه برنج با داشتن بیشترین مقدار دیواره سلولی دانسیته توده ای پائینی دارد که علتش وجود حفره های هوا در ماتریکس زمینه دیواره سلولی آن می باشد و نمونه های خوراکی دیگر با دیواره سلولی کمتر دانسیته توده ای بالاتری دارند. هر چند هسته خرما از نظر شیمیایی دیواره سلولی نسبتا بالایی دارد ولی دانسیته توده ای بالای آن به علت عدم وجود حفره های هوا در ساختار دیواره سلولی آن و تراکم سلولی بالای آن می باشد. هسته خرما به علت دانسیته توده ای بالا در صورت استفاده به مقدار زیاد در شکمبه انباشته شده و سبب کاهش مصرف ماده خشک می گردد. تفاله لیمو ترش، تفاله و لرد خرما، تفاله انگور و پوسته پسته نسبت به هسته خرما دارای دانسیته توده ای مناسب تری بوده ولی در صورت استفاده از آنها با اندازه ذرات کوچکتر تمایل آنها به رسوب در شکمبه افزایش یافته و مشکلات متابولیکی را بوجود می آورند. کاه برنج با

دانسیته توده ای پایین در فاز مایع شکمبه- نگاری شناور شده و سبب تحریک فرایند نشخوار می گردد. تیموری (۲)، دانسیته توده ای کاه برنج را حدود ۰/۱۵۵ گرم بر میلی لیتر محاسبه نمود و زالی کره ناب و همکاران (۳)، دانسیته توده ای تفاله انگور را حدود ۰/۶۵۲ و بهگر (۱)، دانسیته توده ای پوسته پسته را ۰/۵۵۷ میلی گرم بر میلی لیتر گزارش نمودند.

گیگر- ریوردین (۱۵)، بیان نمود ذرات (علوفه ها) با دانسیته توده‌ای پائین معمولا دارای دیواره سلولی بالایی هستند. در این تحقیق بیان شد به طور کلی علوفه ها دارای دانسیته توده ای پائین و حبوبات و غلات دارای دانسیته توده ای بالاتری هستند. سینگ و نارانگ (۲۵)، بر طبق تئوری اثر هتل[1] ون سوست دریافتند با شکستن دیواره سلولی نمونه های خوراکی دانسیته توده ای افرایش می یابد زیرا فضاهای خالی زمینه در سلولز که با هوا، آب و ذرات ریزتر پر می شود کاهش می یابد و گزارش کردند دانسیته توده ای و ظرفیت نگهداری آب با مصرف اختیاری خوراک رابطه منفی دارند.

تفکیک اندازه ذرات

با استفاده از الک های قدیم پنسیلوانیا (شامل دو الک ۱۹ و ۸ میلی متری)، در بین ذرات باقی مانده روی هر الک برای محصولات فرعی کشاورزی مورد آزمایش از نظر آماری اختلاف معنی داری ($P<0/01$) وجود داشت. بیشترین درصد ماده خشک باقی مانده روی الک ۱۹ میلی متری برای لرد (۸/۹ درصد) و کمترین مقدار برای پوسته پسته و هسته خرما (بدون درصد ماده خشک) بود. برای الک ۸ میلی متری تفاله لیمو با ۹۰/۲ درصد ماده خشک بیشترین و هسته با ۰/۴ درصد ماده خشک کمترین مقدار را دارا بودند. با توجه به داده‌های الک ۱۹ و ۸ میلی متری، هسته خرما در بین مواد خوراکی به میزان کمتری روی این الکها باقی مانده بود، بیشترین درصد ماده خشک بر روی سینی پایینی دیده شد. داده های حاصل از تفکیک اندازه ذرات به روش الک های قدیم پنسیلوانیا در جدول ۳ آورده شده است. در روش الک های جدید پنسیلوانیا علاوه بر الک ۱۹ و ۸ میلی متری از الک ۱/۱۸ میلی متری استفاده شد. ذرات باقی مانده روی الک های ۱۹ و ۸ میلی متری با هم اختلاف معنی داری ($P<0/01$) داشتند. درصد ماده خشک باقی مانده روی الک ۱/۱۸ میلی متری برای هسته خرما (۸۹/۶) و تفاله انگور (۶۹/۶) بیشترین مقدار بود (جدول ۳).

مقایسه درصد ماده خشک باقی مانده روی سینی پایینی در روش های الک های جدید پنسیلوانیا و الک های قدیم پنسیلوانیا ، ضرورت اضافه شدن الک ۱/۱۸ را بیشتر نمایان می سازد. درحالی که ۹۹/۶ درصد از ماده خشک هسته خرما در روش الک های قدیم پنسیلوانیا روی سینی پایینی باقی مانده بود با اضافه شدن الک ۱/۱۸ میلی متری و استفاده از روش الک های جدید پنسیلوانیا این مقدار به ۱۰ درصد کاهش یافت. مرتنز (۲۰)، نیز با اشاره به مشکل فوق الک ۱/۱۸ میلیمتری را برای محاسبه دقیق تر اندازه ذرات، فیبر موثر و دیواره سلولی موثر فیزیکی پیشنهاد نمود.

با استفاده از روش الک های قدیم پنسیلوانیا، میانگین هندسی و انحراف معیار استاندارد میانگین هندسی ذرات آن بالاتر از روش الک های جدید پنسیلوانیا بود. از آنجا که درصد ماده خشک باقی مانده روی الک ۱۹ و ۸ میلی متری برای تفاله لیمو ترش بیشترین بود و کمترین مقدار را در سینی پایینی داشت، بالاترین میانگین هندسی ذرات (۱۸/۰۲) و بعد از هسته، کمترین انحراف معیار را دارا بود (۱/۱۸). هسته خرما به علت عدم باقی ماندن ذرات روی الک ۱۹ و باقی ماندن ۹۹/۶ درصد ماده خشک روی سینی پایینی، میانگین هندسی ذرات پایین تری داشت. در روش الک های جدید پنسیلوانیا (جدول ۴) با اضافه شدن الک ۱/۱۸ میلی متری از میزان ماده خشک روی سینی پایینی کاسته شده و میانگین هندسی ذرات در این روش نسبت به روش الک های قدیم پنسیلوانیا، پایین تر و انحراف معیار استاندارد میانگین هندسی ذرات بالاتر بود.

با استفاده از روش الک های قدیم پنسیلوانیا بالاترین مقدار فراسنجه فیبر موثر فیزیکی برای لرد خرما (۰/۷۸۵) و کمترین مقدار برای هسته خرما (۰/۰۰۴) محاسبه گردید. فراسنجه فیبر موثر فیزیکی در جدول۳ گزارش شده است. دیواره سلولی موثر فیزیکی نیز که از ضرب میزان ماده خشک باقی مانده روی الک ها با مقدار دیواره سلولی بدست می آید برای لرد بالاترین (۴۵/۵۳ درصد) و هسته خرما (۰/۲۸ درصد) کمترین مقدار بود. میزان دیواره سلولی موثر فیزیکی محاسبه شده برای محصولات فرعی از نظر آماری دارای اختلاف معنی داری ($P<0/01$) بودند (جدول ۳). در روش الک های جدید پنسیلوانیا با اضافه شدن الک ۱/۱۸ میلی متری، فراسنجه فیبر موثر فیزیکی نسبت به روش الک های قدیم پنسیلوانیا افزایش یافت به طوری که فراسنجه فیبر موثر فیزیکی برای هسته خرما از ۰/۰۰۴ به ۰/۹ افزایش یافت به همین منوال دیواره سلولی موثر فیزیکی آن از ۰/۲۸ درصد به ۶۳ درصد افزایش یافت. علت اینکه تفاله لیمو ترش بالاترین مقدار فراسنجه فیبر موثر فیزیکی ولی کمترین مقدار دیواره سلولی موثر فیزیکی را داشت، به پایین بودن میزان دیواره سلولی آن بر می‌گردد (جداول ۳ و ۴). نتایج فراسنجه موثر فیزیکی و دیواره سلولی موثر فیزیکی حاصل از دو روش فوق نشان می دهد که اضافه کردن الک ۱/۱۸ میلی متری سبب محاسبه دقیق تر فراسنجه فیبر موثر فیزیکی و دیواره سلولی موثر فیزیکی شده است.

1- Hotel effect

جدول۲- دانسیته توده ای نمونه های خوراکی

دانسیته‌توده ای	پوسته پسته	تفاله انگور	تفاله خرما	تفاله لیمو ترش	کاه برنج	لرد خرما	هسته خرما	SEM	سطح‌معنی داری
BD_{50}	۰/۴۳۱^{d}	۰/۴۹۳^{c}	۰/۴۸۳^{c}	۰/۴۹۱^{c}	۰/۱۲۸^{e}	۰/۵۰۵^{b}	۰/۵۰۵^{b}	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
BD_{100}	۰/۴۳۷^{e}	۰/۴۸۳^{d}	۰/۵۰۶^{bc}	۰/۵۱۶^{b}	۰/۱۳۳^{f}	۰/۴۹۶^{cd}	۰/۶۲۱^{a}	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

*: میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند (P <۰/۰۵)

BD: Bulk density

جدول ۳- تفکیک اندازه ذرات با الک های جدا کننده قدیم ایالت پنسیلوانیا

الک ها	پوسته پسته	تفاله انگور	تفاله خرما	تفاله‌لیمو ترش	کاه برنج	لرد خرما	هسته خرما	SEM	سطح معنی داری
۱۹ میلی متری	۰^{e}	۰/۷ ^{cd}	۱/۳^{c}	۶/۳^{b}	۱/۳^{c}	۸/۹^{a}	^{e}۰	۰/۱۰۹	۰/۰۰۰۱
۸ میلی متری	۶۲/۱^{c}	۲۷/۲^{f}	۵۱/۸^{d}	۹۰/۲^{a}	۳۹/۹^{e}	۶۹/۶^{b}	۰/۴^{g}	۰/۴۴۸	۰/۰۰۰۱
صفحه‌زیرین	۳۷/۹^{e}	۷۲/۱^{b}	۴۶/۸^{d}	۳/۵^{g}	۵۸/۸^{c}	۲۱/۴^{f}	۹۹/۶^{a}	۰/۳۶۷	۰/۰۰۰۱
میانگین هندسی ذرات	۱۳/۸۳	۱۰/۹۳	۱۳/۰۷	۱۸/۰۲	۱۲/۰۲	۱۶/۰۷	۹/۰۱		
انحراف‌معیار میانگین هندسی ذرات	۱/۴	۱/۳۷	۱/۴۳	۱/۱۸	۱/۴۲	۱/۳۸	۱/۰۵		
فراسنجه فیبر موثر فیزیکی	۰/۶۲۱	۰/۲۷۹	۰/۵۳۱	۰/۹۶۵	۰/۴۱۲	۰/۷۸۵	۰/۰۰۴		
[۱] peNDF $_{PSPSoriginal}$	۱۸/۶۴^{d}	۱۴/۲۳^{e}	۲۴/۴۶^{c}	۱۹/۳۶^{b}	۳۲/۱۵^{b}	۴۵/۵۳^{a}	۰/۲۸^{f}	۰/۳۴۱	۰/۰۰۰۱

*: میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند (P <۰/۰۵).

۱- $peNDF_{PSPSorig}$ با ضرب نمودن دیواره سلولی موثر فیزیکی در مقدار NDF بدست می آید.

جدول ٤- تفکیک اندازه ذرات با الک های جدا کننده جدید ایالت پنسیلوانیا

الک ها	پوسته پسته	تفاله انگور	تفاله خرما	تفاله‌لیمو ترش	کاه برنج	لرد خرما	هسته خرما	SEM	سطح معنی داری
۱۹ میلی متری	۰^{e}	۰/۷ ^{cd}	۱/۳^{c}	۶/۳^{b}	۱/۳c	۸/۹^{a}	^{e}۰	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱
۸ میلی متری	۶۲/۱^{c}	۲۷/۲^{f}	۵۱/۸^{d}	۹۰/۲^{a}	۳۹/۹^{e}	۶۹/۶^{b}	۰/۴^{g}	۰/۴۸۶	۰/۰۰۱
۱/۱۸ میلی متری	۳۶/۴^{d}	۶۹/۶^{b}	۳۵/۴^{d}	۳/۳^{f}	۵۱/۴^{c}	۱۷/۶^{e}	۸۹/۶^{a}	۰/۱۷۱	۰/۰۰۱
صفحه‌زیرین	۱/۵^{e}	۲/۵^{e}	۱۱/۴^{a}	۰/۲^{f}	۷/۴^{c}	۳/۹^{d}	۱۰^{b}	۰/۱۳۶	۰/۰۰۱
میانگین هندسی‌ذرات	۱۳/۷۳	۱۰/۸	۱۲/۳۸	۱۸	۱۱/۶۱	۱۵/۷۸	۸/۵۹		
انحراف‌معیار میانگین هندسی ذرات	۱/۴۲	۱/۴	۱/۵۴	۱/۱۹	۱/۴۹	۱/۴۴	۱/۱۶		
فراسنجه فیبرموثر فیزیکی	۰/۹۸۵	۰/۹۷۷	۰/۸۸۵	۰/۹۹۸	۰/۹۲۶	۰/۹۶۱	۰/۹		
[۱] peNDF $_{PSPS\ new}$	۳۹/۵۸^{e}	۴۹/۸۳^{d}	۴۰/۷۷^{e}	۲۰/۰۳^{f}	۷۷/۲۷^{a}	۵۵/۷۳^{c}	۶۳^{b}	۰/۳۱۳	۰/۰۰۱

*: میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند (P <۰/۰۵).

۱- $peNDF_{PSPSnew}$ با ضرب نمودن دیواره سلولی موثر فیزیکی در مقدار NDF بدست می آید.

قابلیت هضم به روش برون تنی (*in vitro*)

نتایج قابلیت هضم محصولات فرعی کشاورزی در جدول ۵ آورده شده است. اختلاف بین قابلیت هضم محصولات از لحاظ آماری معنی داری (P<۰/۰۰۱) بود. شاید علت پایین بودن قابلیت هضم تفاله لیمو ترش، خاصیت اسیدی (۳/۷) این خوراک باشد که سبب پایین آمدن pH محیط هضم، اثر بر آنزیم های هضمی و آسیب رساندن به میکروارگانیسم های شیرابه هضمی باشد. ناظم و همکاران (۴)، قابلیت هضم ماده خشک تفاله لیمو ترش و تفاله پرتقال را به ترتیب ۱۵/۳ و ۱۲ درصد و ماده آلی ۱۶ و ۱۴ درصد گزارش نمودند.

میزان هضم پذیری پوسته پسته و تفاله انگور نیز تا حدودی پایین

بدست آمد که احتمالا به دلیل وجود ترکیبات فنلی بخصوص تانن و ترکیبات ساختمانی دیواره سلولی (لیگنین) در آنها می باشد. ترکیب شیمیایی و بیوشیمیایی تانن ها بر قابلیت هضم پروتئین ها موثر است. از آنجا که آنزیم ها نیز دارای اجزاء پروتئینی هستند فعالیت بیولوژیکی تانن می تواند موجب تاثیر منفی بر فعالیت آنزیم های موثر در فرایند هضم گردد (۱۳). تانن مصرف شده اثر معکوس بر متابولیسم شکمبه داشته و مقدار زیاد آن در خوراک مصرفی باعث کاهش تولید اسید های چرب فرار در شکمبه و افزایش pH مایع شکمبه می گردد (۲۴). فامویوا و آوگ (۱۳)، پایین بودن قابلیت هضم ماده خشک تفاله انگور را به علت ترکیبات ساختمانی دیواره سلولی می دانند. بومگارتل و همکاران (۱۰) ضریب قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی را به روش آزمایشگاهی برای انگور سفید به ترتیب ۵۸ و ۵۶ و برای انگور قرمز ۳۳ و ۳۲ درصد گزارش کردند.

پایین بودن میانگین قابلیت هضم لرد احتمالا به دلیل وجود لیگنین زیاد در دیواره سلولی لرد است (۵). جنین و همکاران (۱۴)، قابلیت هضم ماده خشک خرمای نامرغوب به روش برون تنی را برای گوسفند و بز به ترتیب ۷۴/۴ و ۷۹/۹ درصد و هسته را به ترتیب ۳۱ و ۵۵/۹ درصد بیان نمودند. مرادی (۵)، نیز با بررسی قابلیت هضم محصولات فرعی خرما به روش برون تنی، میانگین قابلیت هضم ماده خشک برای هسته، تفاله و لرد خرما را به ترتیب ۳۹/۶۸ ، ۲۳/۳۹ و ۱۲/۴۱ درصد و میانگین قابلیت هضم ماده آلی برای نمونه های ذکر شده را به ترتیب ۳۹/۷۹ ، ۲۶/۹۸ و ۱۰/۹۶ درصد ارزیابی نمود.

بررسی روابط بین خصوصیات فیزیکی و قابلیت هضم

از آنجا که کاه برنج (علوفه ها) از نظر ماهیت با دیگر نمونه های خوراکی (متراکم و کنسانتره) متفاوت بود وخصوصیات فیزیکی آن با دیگر مواد تفاوت زیادی داشت، در بررسی روابط، کاه برنج منظور نگردید. با افزایش دیواره سلولی، مقدار دانسیته توده ای افزایش می یابد و برای مواد متراکم مانند کنسانتره مقدار دانسیته توده ای با میزان دیواره سلولی رابطه مستقیم دارد (جدول ۶) زیرا ساختار دیواره سلولی در کنسانتره ها بصورت متراکم بوده و همانند مواد خشبی دارای فضاهای خالی نیست. گیگر- ریوردین (۱۵)، گزارش نمود با افزایش دیواره سلولی از مقدار دانسیته توده ای علوفه ها کاسته می شود. زالی کره ناب و همکاران (۳)، رابطه فوق را گزارش نمودند.

ظرفیت نگهداری آب با دیواره سلولی در مواد خوراکی متراکم رابطه منفی دارد و معمولا با افزایش میزان دیواره سلولی، ظرفیت نگهداری آب کاهش می یابد که به دلیل ساختار فشرده مواد خوراکی متراکم است زیرا فضاهای خالی در دیواره سلولی برای جایگزینی با آب کم می باشد (۱۵)، ولی رابطه مستقیم این دو فراسنجه برای مواد علوفه ای و خشبی به وجود فضاهای خالی در دیواره سلولی و جایگزینی آب با هوای موجود در این فضاها بر می گردد. بهگر و همکاران (۱۱)، گزارش نمودند در مواد خوراکی غیر علوفه ای ظرفیت نگهداری آب دارای بالاترین همبستگی منفی با دیواره سلولی می‌باشد. با توجه به دو رابطه قبلی و مشاهده نتایج حاصله، ظرفیت نگهداری آب و دانسیته توده ای با یکدیگر رابطه منفی دارند و افزایش هر کدام، معمولا موجب کاهش فراسنجه دیگر می شود که به علت وجود فضاهای خالی در دیواره سلولی است. زیرا با افزایش دیواره سلولی، این فضاها افزایش یافته و از میزان دانسیته توده ای کاسته می شود ولی در مقابل با جایگزینی این فضاهای خالی با آب یا هر مایع دیگر ظرفیت نگهداری آب افزایش می یابد. با توجه به گزارشات زالی کره ناب و همکاران (۳)، و گیگر- ریوردین (۱۵)، رابطه فوق تائید می گردد. در نتایج آزمایش بهگر و همکاران (۱۱)، رابطه فوق مشاهده شد و ذراتی با دانسیته توده ای پایین، عموما ظرفیت نگهداری آب بالاتری دارند.

رابطه بین ظرفیت نگهداری آب و جرم حجمی لحظه ای معکوس می باشد. در مواد کنسانتره ای فوق به علت تراکم و عدم وجود فضاهای خالی در دیواره سلولی و یا به عبارتی دانسیته توده ای بالا رابطه فوق بر قرار شده است (جدول ۶). زالی کره ناب و همکاران (۳)، گزارش نمودند جرم حجمی لحظه ای با ظرفیت نگهداری آب رابطه معکوس دارد. تیموری (۲)، در نتایج خود گزارش نمود گونه های مختلف کاه برنج دارای ظرفیت نگهداری آب بالاتر ولی جرم حجمی لحظه ای پایین تری هستند و با افزایش ظرفیت نگهداری آب، جرم حجمی لحظه ای کاهش می یابد. نتایج پژوهش بهتی و فرینکس (۱۲)، بر روی چند دسته مواد خوراکی نشان داد عموما با افزایش ظرفیت نگهداری آب، جرم حجمی لحظه ای کاهش پیدا می کند.

جرم حجمی لحظه ای با دانسیته توده ای رابطه مستقیم دارد و موادی با دانسیته توده ای بالا، معمولا جرم حجمی لحظه ای بالایی نیز دارند (جدول ۶). رابطه بدست آمده در این تحقیق، بر خلاف گزارش زالی کره ناب و همکاران (۳)، می باشد. مواد خشبی (علوفه ها و کاه ها) به علت وجود حفره های هوا در دیواره سلولی خود، دارای دانسیته توده ای پایینی بوده و بر طبق برخی تحقیقات این مواد خوراکی دارای جرم حجمی لحظه ای پایینی هستند (۱۶، ۲۴، ۲۹ و ۳۰). نتایج تیموری و پیر محمدی (۲۷)، نشان داد همواره با افزایش دانسیته توده ای علوفه یونجه هم به صورت انفرادی و هم در جیره کاملا مخلوط، جرم حجمی لحظه ای افزایش می یابد.

رابطه بین جرم حجمی لحظه ای و دیواره سلولی به صورت مستقیم بدست آمد و با افزایش دیواره سلولی مقدار جرم حجمی لحظه ای افزایش یافت (جدول ۶).

جدول ۵- قابلیت هضم محصولات فرعی کشاورزی به روش *in vitro* (بر اساس درصد)

	پوسته پسته	تفاله انگور	تفاله خرما	تفاله لیمو ترش	کاه برنج	لرد خرما	هسته خرما	SEM	سطح معنی داری
قابلیت هضم									
ماده خشک	۲۶/۳۶^{f}	۵۴/۹۶^{b}	۷۸/۹۴^{a}	۲۰/۴^{g}	۴۲/۴۸^{d}	۳۸/۲^{e}	۴۸/۷^{c}	۰/۳۱۷	۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۳۲/۷^{d}	۵۰/۲۸^{b}	۷۳/۵۲^{a}	۱۲/۱^{e}	۳۲/۵۳^{d}	۵۲^{b}	۴۳/۲^{c}	۰/۲۸۳	۰/۰۰۰۱
ماده آلی در ماده‌خشک	۲۷/۸۸^{d}	۴۵/۷۲^{c}	۶۶/۷^{a}	۱۰/۹^{e}	۲۸/۸۴^{d}	۴۹/۴^{b}	۶۶/۷^{a}	۰/۴۱۱	۰/۰۰۰۱

*: میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P <$ ۰/۰۵).

جدول٦- همبستگی(R^2) بین خصوصیات فیزیکی و قابلیت هضم

	دیواره سلولی	دانسیته توده‌ای	ظرفیت نگهداری آب	جرم حجمی لحظه‌ای	قابلیت هضم ماده خشک	قابلیت هضم ماده آلی
دیواره سلولی	–	۰/۳۸	-۰/۵۴	۰/۶۲	–	–
دانسیته توده ای	۰/۳۸	–	-۰/۶۷	-۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۱
ظرفیت نگهداری آب	-۰/۵۴	-۰/۶۷	–	۰/۲۲	-۰/۴۳	-۰/۲۶
جرم حجمی لحظه ای	۰/۶۲	-۰/۲۱	۰/۲۲	–	۰/۱۶	۰/۱۵

البته به نظر می رسد این رابطه نیز همانند رابطه جرم حجمی لحظه ای با دانسیته توده ای، برای مواد متراکم و کنسانتره ای صحیح باشد، زیرا علوفه ها وکاه ها با دیواره سلولی بالا، اغلب کمترین مقدار جرم حجمی لحظه ای را در بین دیگر مواد خوراکی دارند (۲۶ و ۳۱). زالی کره ناب و همکاران (۳)، هوپر و ولچ (۱۶)، و واتیاکس و همکاران (۲۹ و ۳۰)، نیز نتایج رابطه فوق را تایید می کنند.

بین قابلیت هضم ماده خشک و دانسیته توده ای، رابطه مستقیم (به مقدار کم) مشاهده شد و مواد خوراکی با دانسیته توده ای بالا، نسبتا قابلیت هضم ماده خشک بالاتری دارند (جدول ۶). ظرفیت نگهداری آب با قابلیت هضم ماده خشک رابطه منفی داشته و عموما مواد با ظرفیت نگهداری آب کمتر، قابلیت هضم ماده خشک بالاتری دارند. این رابطه منفی بین ظرفیت نگهداری آب و قابلیت هضم ماده آلی نیز بر قرار است. در نتایج گزارش شده پیرمحمدی و همکاران (۲۲)، نمونه های خوراکی که دارای دیواره سلولی بالاتری بودند دارای قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی کمتری بودند.

خصوصیات شیمیایی

خصوصیات شیمیایی فراورده های فرعی کشاورزی مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۷ آورده شده است. ترکیب شیمیایی مواد خوراکی بسیار متغیر بود. پسته در بین مواد خوراکی مورد مطالعه دارای بالاترین مقدار خاکستر (۱۱/۵۴ درصد ماده خشک) و کربوهیدرات غیر فیبری (۳۸/۲۸ درصد ماده خشک) بود که که درصد خاکستر زیاد احتمالا مرتبط با میزان بالای پتاسیم پوسته پسته در مقایسه با سایر مواد خوراکی می باشد (۱) و درصد بالای کربوهیدرات غیر فیبری به دلیل مقدار کم دیواره سلولی می باشد. هسته خرما، لرد خرما و کاه برنج به ترتیب دارای بیشترین میزان دیواره سلولی بدون همی سلولز بودند که با بقیه مواد خوراکی اختلاف معنی داری از خود نشان دادند.

نتایج این تحقیق نشان می دهد کاه برنج با توجه به خصوصیات فیزیکی آن دارای کمترین نرخ عبور و بیشترین میزان شناوری بر روی فاز مایع شکمبه را دارد و در میان دیگر محصولات فرعی تفاله لیمو ترش و پوسته پسته کمترین میزان نرخ عبور را دارا هستند. همچنین کاه برنج، لرد و هسته خرما می توانند بیشترین میزان فیبر موثر فیزیکی جیره را تامین نمایند و قابلیت هضم ماده خشک تفاله خرما و تفاله انگور قابل ملاحظه بود. استفاده از الک های جدا کننده جدید ایالت پنسیلوانیا به علت اضافه شدن الک ۱/۱۸ میلیمتر سنجش دقیق تری از میزان فیبر موثر جیره ارائه داد. همچنین نتایج بدست آمده از بررسی روابط قابلیت هضم مواد خوراکی با خصوصیات فیزیکی موید این مطلب است که قابلیت هضم ماده خشک مواد خوراکی دارای رابطه منفی نسبتا بالایی با ظرفیت نگهداری آب می‌باشد.

جدول۷- خصوصیات شیمیایی(درصد ماده خشک)

	پوسته پسته	تفاله انگور	تفاله خرما	تفاله لیمو ترش	کاه برنج	لرد خرما	هسته خرما	SEM	سطح معنی داری
پروتئین خام	۱۰/۶۲^{b}	۱۴/۳^{a}	۱۴/۳^{a}	۶/۲^{de}	۵/۲۳^{e}	۱۴/۰۲^{a}	۷/۳۵^{cd}	۰/۱۸	۰/۰۰۰۱
عصاره اتری	۹/۵^{cd}	۸/۵^{d}	۱۲/۹۵^{a}	۶/۷۲^{e}	۶/۷۲^{e}	۱۱/۲۳^{b}	۹/۸۸^{c}	۰/۱۳۳	۰/۰۰۰۱
دیواره سلولی	۳۰/۰۳^{e}	۵۱/۰۱^{d}	۴۶/۰۷^{d}	۲۰/۰۷^{f}	۷۸/۰۵^{a}	۵۸^{c}	۷۰^{b}	۰/۶۵۵	۰/۰۰۰۱
دیواره سلولی بدون همی سلولز	۲۱/۹۵^{d}	۴۰^{c}	۴۷/۵^{b}	۲۱/۷^{d}	۵۴/۵^{a}	۵۷^{a}	۵۹^{a}	۰/۷۲۴	۰/۰۰۰۱
کربوهیدرات غیر فیبری	۳۸/۲۸^{b}	۱۷/۰۱^{d}	۲۵/۲۶^{c}	۶۰/۵۶^{a}	۴/۲۸^{e}	۱۲/۷^{d}	۱۰/۴^{de}	۰/۷۲۱	۰/۰۰۰۱
ماده خشک	۸۹/۳۷^{c}	۹۲/۵۵^{a}	۸۶/۶۳^{e}	۸۸/۷۴^{cd}	۹۰/۷۹^{b}	۸۷/۸۵^{d}	۹۳/۳۴^{a}	۰/۱۳۳	۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۷۷/۸۱^{e}	۸۳/۳۸^{bc}	۷۹/۸۱^{d}	۸۲/۲۹^{c}	۷۹/۵۶^{d}	۸۳/۸۱^{b}	۹۱/۰۲^{a}	۰/۱۳۷	۰/۰۰۰۱
خاکستر	۱۱/۵۴^{a}	۹/۱۵^{c}	۶/۵۸^{d}	۶/۴۴^{e}	۱۱/۲۴^{b}	۴/۱^{f}	۲/۳^{g}	۰/۰۲۶	۰/۰۰۰۱
پروتئین خام	۱۰/۶۲^{b}	۱۴/۳^{a}	۱۴/۳^{a}	۶/۲^{de}	۵/۲۳^{e}	۱۴/۰۲^{a}	۷/۳۵^{cd}	۰/۱۸	۰/۰۰۰۱

*: میانگین های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P<۰/۰۵$).

منابع

۱- بهگر، م. ۱۳۸۸. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی منابع فیبری غیر علوفه ای و اثر برخی از آنها بر پارامترهای تخمیری و تولیدی در گاوهای شیری. پایان نامه دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- تیموری یانسری، ا. ۱۳۸۷. تعیین عامل موثر فیزیکی کاه برنج با استفاده از فیبر شیمیایی و خصوصیات فیزیکی در تغذیه نشخوارکنندگان. مجموعه مقالات سومین کنگره علوم دامی کشور، مشهد.

۳- زالی کره ناب، ل.، ر. پیرمحمدی، و ط. یلچی. ۱۳۸۷. تعیین قابلیت حل، دانسیته توده ای، جرم حجمی و ظرفیت نگهداری آب در تفاله انگور قرمز و سفید، مجموعه مقالات سومین کنگره علوم دامی کشور، مشهد.

۴- ناظم، ک.، ی. روزبهان، و س. ع. شجاع الساداتی. ۱۳۸۷. ارزش غذایی تفاله مرکبات (لیمو و پرتغال) عمل آوری شده با قارچ نوروسپورا سیتوفیلا. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دواردهم، شماره ۴۳.

۵- مرادی، ق. ۱۳۸۸. تعیین میزان قابلیت هضم و تجزیه پذیری محصولات فرعی خرما با استفاده از روش *in situ* و *in vitro*. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۶- محبیان، م. ص.، م. م. طباطبایی، ح. علیعربی، پ. زمانی، خ. زابلی، ز. ازمانی، و ن. آشوری. ۱۳۸۷. تعیین ارزش غذایی تفاله خشک پرتقال در جیره های حاوی کاه غنی شده با اوره و کاه معمولی مجموعه مقالات سومین کنگره علوم دامی کشور، مشهد.

7- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 2002. Official method Analysis. Vol.1. 17 th Ed. AOAC, Arlington, VA. Paper: 120-155.

8- Armentano, L. E., and Pereira, M. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. J. Dairy Sci. 80:1416–1425.

9- ASAE. 2001. S424. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by sieving. In Standards. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.

10- Baumgartel, T., Kluth, H., Epperlein, K., and Rodehutscord, M. 2007. A note on digestibility and energy value for sheep of different grape pomace. Small Rum. Res. 67:2: 302-306.

11- Behgar, M., Valizadeh, R. Mirzaee, M., Nasserian, A. A., and M. R. Nasiri. 2009. Correlation between the physical and chemical properties of some forage and non forage fiber sources. J. Anim. Vet. Adv. 8(11): 2280-2285.

12- Bhatti, S. A., and Firkins, .J. L. 1995. Kinetics of hydration and functional specific gravity of fibrous feed by-products. J. Anim. Sci. 73: 1449–1458.

13- Famuyiwa, O., and C. S. Ough. 1990. Effect of structural constituents of the cell wall on the digestibility of grape pomace.

14- Genin, D., A. Kardi, T. Khorchani, K. Sakkal, F. Belgacem, and M. Hamidi. 2004. Valorisation of date-palm by products (DIBP) for livestock feeding southern Tunisia. Potentialities and traditional utilization. Options

mediterraneces. Series A. 59:221-226.
15- Giger-Reverdin, S. 2000. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. Anim. Feed Sci. Technol. 86:53-69.
16- Hooper, A. P., and J. G. Welch. 1985. Change of functional specific gravity of forages in various solutions. J. Dairy Sci. 68:1652.
17- Lammers, B. P., D. R. Buckmaster, and A. J. Heinrichs. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. J. Dairy Sci. 79:922–928.
18- Kayouli, C., and L. Stephen. 2000. Silage from by-products for small holders. In: Silage making in the Tropics with Particular Emphasis on Small holders. FAO Plant Production and Protection. Paper 161.
19- Kononoff, P. J., H. A. Lehman, and A. J. Heinrichs. 2002. A comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. J. Dairy Sci. 85:1801-1803.
20- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cattle. J. Dairy Sci. 80:1463–1482.
21- Mertens, D. R. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. Page 219 *in* Large dairy herd management. Am. Dairy Sci. Assoc., Champaign, IL.
22- Pirmohammadi, R., A. Golghasemgharedagh, and A. Mohsenpur Azari. 2007. Effects ofensiling and drying of white grape pomace of chemical composition, degradability and digestibility for ruminants. J. Anim. Vet. Adv. 6(9): 1079-1089.
23- Siciliano-Jones, J., and M. R. Murphy. 1991. Specific gravity of various feedstuffs as affected by particle size and in-vitro fermentation. J. Dairy Sci. 74:896–901.
24- Silanikove, N., A. Perevolotsky, F. D. Provenza, A. N. Pell, R. I. Mackie, I. Muller, and L. R. Ndlovu. 2001. Use of tannin binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. Anim. Feed. Sci. Technol.91 (1-2): 69-81.
25- Singh, B. and M. P. Narang. 1991. Some physico-chemical characteristics of forages and their relationships to digestibility. Indian J. Anim. Nutr. 8: 179-186.
26- Teimouri Yansari .A., R. Valizadeh, A.A. Nasserian, D. A. Christensen, P. Yu, and F. Eftekhari Shahroodi. 2004., Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 87:3912–3924.
27- Teimouri Yansari .A., and R. Primohammadi. 2008. Effect of particle size of alfalfa hay and reconstitution with water on intake, digestion and milk production in Holstein dairy cows. Animal (2009), 3:2, pp 218–227.
28- Tilly, J. M., R. A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grass. Soc. 18:104-11.
29- Wattiaux, M. A., Mertens, D. R., and L. D. Satter. 1992. Kinetics of hydration and effect of liquid uptake on specific gravity of small hay and silage particles. J. Anim. Sci. 70:3597–3606.
30- Wattiaux, M. A., L. D. Satter, and D. R. Merens. 1993. Factors affecting volume and specific gravity measurements of NDF and forage particles. J. Animal Sci.76:1978.
31- Whetsell, M. S., C. Prigge, and E. L. Nestor. 2004. Influence of mass of ruminal contents on voluntary intake and digesta passage in steers fed forage and concentrate diet. J. Anim. Sci. 82:1806-1817.
32- Van Soest, P. J., J. B. Rbertson, and B. A. Lews. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.