نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۱۶، پاییز ۱۳۹۶
ص‌ص: ۱۱۵~۱۲۶

ارزیابی ویژگی‌های تراکم‌پذیری ترکیب علوفه–کنسانتره جهت تولید بلوک‌های خوراک کامل

- **سیروس فراستی**(نویسنده مسئول)
  دانشجوی دوره دکتری دانشگاه رازی کرمانشاه
- **محمد مهدی معینی**
  دانشیار دانشگاه رازی کرمانشاه.
- **فردین هژبری**
  دانشیار دانشگاه رازی کرمانشاه
- **حسن فضائلی**
  استاد موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

تاریخ دریافت : آذر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش : بهمن ۱۳۹۵

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۹۲۳۵۱۰۵
Email: ferasati2004@yahoo.com

چکیده

به منظور تعیین اثر ۲ سطح فشار پرس هیدرولیک (۲۰۰ و ۲۲۰ بار) در ماشین ساخت بلوک‌های خوراک کامل (بلوک)، ۳ سطح زمان توقف فشار (۵، ۱۷ و ۳۰ ثانیه) و ۲ سطح اندازهٔ قطعات علوفه (۱۰ میلی‌متر و ۳۰ میلی‌متر) بر ویژگی‌های تراکم‌پذیری ترکیب علوفه-کنسانتره، آزمایشی بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و ۱۰ تکرار انجام شد. در هر بلوک نسبت علوفه، کنسانتره و ملاس به ترتیب ٤٥: ٤٥: ۱۰ بود و بخش علوفه‌ای جیره شامل ۲۹ درصد یونجه و ۱٦ درصد کاه گندم بر اساس مادهٔ خشک بود. با افزایش مقدار و زمان توقف فشار پرس هیدرولیک، میزان چگالی بلوک‌ها افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). میانگین مقدار چگالی (Kg/m^3) در بلوک‌های حاوی علوفه با قطعات بلند (٤٥٧/۰۳±٤/۳٦) کم‌تر از قطعات کوتاه (٤٧٨/۲±٤/٥۰) بود ($p<۰/۰۵$). میانگین درصد انبساط پس از فشرده‌سازی (انبساط) بلوک‌ها ۲٤ ساعت پس از تولید، در بلوک‌های حاوی علوفه با قطعات بلند (۲/٥۰±۰/۲۲) بیش‌تر از قطعات کوتاه (۱/٥٦±۰/۲۰) بود ($p<۰/۰۱$). بیشترین درصد انبساط و کاهش چگالی بلوک‌ها، در ۲٤ ساعت اول پس از تولید اتفاق افتاد ($p<۰/۰۱$). بین مقدار چگالی بلوک‌ها در زمان تولید و درصد انبساط آنها پس از ۲٤ ساعت و یا پس از ۱۰۰ روز ذخیره سازی، رابطهٔ خطی وجود داشت (به ترتیب، $p<۰/۰۲٤$ و $p<۰/۰۰۱$). بر اساس نتایج، استفاده از علوفه با میانگین ۲۰ میلی‌متر، فشار پرس هیدرولیک ۲۲۰ بار و زمان توقف فشار ٥ ثانیه، در ساخت بلوک می‌تواند بهترین تراکم‌پذیری و پایداری را در بلوک تولید شده ایجاد نماید.

واژه‌های کلیدی: انبساط پس از فشرده‌سازی، اندازهٔ قطعات علوفه، چگالی، فشار

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 116 pp: 115-126

Evaluation of compressibility characteristics of the forage-concentrate composition to produce complete feed blocks

By: C. Ferasati[1*], M.M. Moeini[2], F. Hozhabri[2], H. Fazaeli[3]
1*.Ph.D Student of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Razi
2. Associate professor of Department of Animal Science, Faculty of Agriculture Sciences, University of Razi
3. Professor of Department of Animal Nutrition, Animal Sciences Research Institute of Iran.

Received: December 2016 **Accepted: January 2017**

An experiment was conducted to determine the effects of two pressure levels in the hydraulic press (200 and 220 bar) of complete feed blocks (CFBs) manufacturing machine, three levels of the pressure dwell time (5, 17 and 30 seconds) and two levels of forage particle size (10 and 30^{mm}) on compressibility characteristics of CFBs in a completely randomized design with 12 treatments and 10 replications **.**In each CFB, forage, concentrate and molasses ratio was 45: 45: 10 and forage portion of the diet contains 29 percent of alfalfa hay and 16 percent of wheat straw, based on dry matter. By increasing in the hydraulic press pressure and the pressure dwell time, the density of CFBs were increased. The average of density (Kg/m^3) in CFBs containing large forage particles (457.03 ± 4.36) were lower than CFBs containing small forage particles (478.28 ± 4.50, $p<0.05$). Post compression expansion (PCE) means in CFBs containing large forage particles (2.50 ± 0.22) were higher than in CFBs containing small forage particles (1.56 ± 0.20, $p<0.01$) in the first 24 hours post production. The most of the PCE and the density reduction of CFBs occurred in the first 24 hours post production ($p<0.01$). There was a linear relationship between the density (Kg/m3) of CFBs in the time of production and PCE percent after 24 hours or 100 days of storage ($p<0.024$ and $p<0.001$, respectively). According to the results, an average of 20^{mm} forage particle size, hydraulic press pressure of 220 bar and pressure dwell time for 5 seconds are the best conditions for the production of alfalfa and wheat straw-based CFBs.

Key words: Density, Forage particle size, Post compression expansion, Pressure

مقدمه

در ماشین تولید بلوک، علوفه و مواد خشبی به همراه کنسانتره و مکمل‌هایی مانند مواد معدنی و ویتامین‌ها با یکدیگر کاملاً مخلوط شده و به صورت بلوک‌های فشردهٔ مکعبی شکل به ابعاد مختلف در می‌آیند. یکی از مزایای مهم بلوک‌های خوراک کامل، فشرده شدن مواد خوراکی حجیم و در نتیجه کاهش حجم و نیاز به فضای کم‌تر می‌باشد (Yadav و همکاران، ۱۹۹۱). چنین مزیتی نقش اساسی در کاهش هزینه‌های حمل و نقل، انبارداری و مصرف خوراک دارد (Samanta و همکاران، ۲۰۰۳a). برای تولید بلوک خوراک کامل می‌توان ترکیبی از انواع پس مانده‌های کشاورزی وصنایع غذایی را به همراه مکمل‌های غذایی و ریز مغذی‌ها استفاده نمود و خوراک‌های متوازن و مقرون به صرفه را، به ویژه در فصول خشک، برای نشخوارکنندگان فراهم نمود (Ben Salem و Nefzaoui، ۲۰۰۳). در این صورت قابلیت هضم و میزان مصرف مواد خشبی با کیفیت پایین (انواع کاه ، کلش و غیره) بهبود یافته که منتج به افزایش عملکرد دام‌ها می‌گردد (Ben Salem و همکاران، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵). استفاده از جیرهٔ غذایی به صورت مخلوط فشرده شده، سبب بهبود مصرف ماده خشک و ضریب تبدیل غذایی و در نتیجه افزایش وزن گوساله‌های پرواری می‌شود (فضائلی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Konka و همکاران، ۲۰۱۵؛ Singh و همکاران، ۲۰۱۶).

Sharma و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بلوک‌های خوراک کامل بیان نمودند که چگالی بلوک‌های تولیدی، بسته به مقدار کنسانتره مصرفی، می‌تواند از ۵/۶۹ تا ۷/۸۹ برابر تغییر یابد. بلوک‌های فاقد کنسانتره حداکثر انبساط (۹/۹۰ درصد) را ۱۶ هفته پس از ذخیره سازی نشان دادند، در حالی که بلوک‌های حاوی ۵۰ درصد کنسانتره کمترین انبساط (۵/۹۵ درصد) را داشتند. نتایج مطالعه Hozhabri و Singhal (۲۰۰۶) نشان داد که پس از متراکم‌سازی خوراک‌های کامل مبتنی بر کاه گندم و باگاس نیشکر به شکل بلوک، چگالی توده حاصل ۴/۵ برابر افزایش یافت. ایشان بیان نمودند که پس از ۳۰ روز ذخیره‌سازی، درصد انبساط در بلوک‌های خوراک کامل مبتنی بر کاه گندم از بلوک‌های مبتنی بر مخلوط کاه گندم و باگاس نیشکر و همچنین از بلوک‌هایی که محتوای کیک خردل آنها با فرمالدهید تیمار شده بود، بیش‌تر بود ($p<۰/۰۵$).

بررسی منابع موجود نشان می‌دهد که تاکنون در مورد فن‌آوری ساخت بلوک خوراک کامل در داخل کشور پژوهشی انجام نشده است. در مطالعه حاضر، تغییراتی در فرآیند ساخت بلوک‌های خوراک کامل فشرده مبتنی بر یونجه و کاه گندم اعمال و تأثیر این تغییرات بر پارامترهای فیزیکی ترکیب علوفه-کنسانتره فشرده شده ارزیابی شد. هدف از انجام این آزمایش بهینه سازی فناوری تولید بلوک‌های خوراک کامل فشرده بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه بر پایه طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتویل ۲×۳×۲ انجام گردید. متغیرهای مورد مطالعه شامل، ۲ سطح فشار (۲۰۰ و ۲۲۰ بار) پرس هیدرولیک در ماشین ساخت بلوک، ۳ سطح زمان توقف فشار (۵، ۱۷ و ۳۰ ثانیه) و ۲ سطح اندازه ذرات علوفه یونجه و کاه گندم خرد شده با میانگین ۱۰ میلی‌متر (کوتاه) و ۳۰ میلی‌متر (بلند) بود. بنا بر این ۱۲ نوع بلوک و هر کدام در ۱۰ تکرار تهیه گردید. توزیع اندازه قطعات علوفه با استفاده از الک‌های جدید دانشگاه پنسیلوانیا با اندازه منافذ ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی‌متر تعیین شد (ASAE، ۲۰۰۱). مواد خوراکی مورد استفاده در تهیه بلوک شامل یونجه خشک، کاه گندم، ملاس چغندر، بلغور جو، بلغور ذرت، سبوس گندم، کنجاله سویا، کنجاله پنبه‌دانه، کنجالهٔ کلزا، اوره، مکمل‌معدنی- ویتامینه[1]، اکسید منیزیم، بی‌کربنات سدیم، نمک و کربنات کلسیم به ترتیب به مقدار ۲۹/۰۰، ۱۶/۰۰، ۱۰/۰۰، ۱۳/۵۰، ۶/۷۵، ۱۳/۹۵، ۵/۴۰، ۲/۲۵، ۱/۳۵، ۰/۰۹، ۰/۴۵، ۰/۲۳، ۰/۴۵، ۰/۱۳ و ۰/۴۵ درصد ماده خشک بودند. در هر بلوک نسبت علوفه، کنسانتره و ملاس (چسباننده) به ترتیب ۴۵: ۴۵: ۱۰ بود. بخش علوفه‌ای جیره شامل ۲۹ درصد یونجه و ۱۶ درصد کاه گندم بر اساس ماده خشک بود.

برای تولید هر سری بلوک با مشخصات مورد نظر، ۸۷ کیلوگرم یونجه خشک، ۴۸ کیلوگرم کاه گندم خرد شده (کوتاه یا بلند)، ۱۳۵ کیلوگرم کنسانتره و ۳۰ کیلوگرم ملاس گرم (۴۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۰ دقیقه توسط میکسر با هم مخلوط شدند. این مخلوط توسط نوار نقاله وارد یک مخزن مکعبی شکل روباز شد. مخزن مزبور قابلیت توزین داشت و طوری تنظیم شده بود که به محض رسیدن مقدار وزن مخلوط تخلیه شده در آن به ۲۷/۵ کیلوگرم، به طور اتوماتیک دریچه آن باز می‌شد و مخلوط را به داخل قالب دستگاه پرس تخلیه می‌کرد. دستگاه پرس هیدرولیک، که از قبل میزان فشار پرس و زمان توقف فشار آن تنظیم شده بود، فعال می‌شد و ترکیب علوفه-کنسانتره مزبور را فشرده و به صورت اتوماتیک از ماشین خارج می‌کرد.

پس از خروج هر بلوک از ماشین، ابتدا توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰ گرم، توزین و سپس بلافاصله اقدام به اندازه‌گیری ابعاد آن توسط خط‌کش گردید. بلوک‌ها در یک سالن بسته در ۱۲ ستون و ۱۰ ردیف با فاصله نیم متر از هم چیده شدند و امکان تابش مستقیم نور خورشید روی آنها وجود نداشت. میانگین و انحراف معیار طول، عرض، ارتفاع (ضخامت) و وزن بلوک‌ها در زمان تولید به ترتیب برابر ۰/۰۰±۵۰/۰۰، ۰/۰۰±۴۵/۰۰،

[1] ترکیبات مکمل (پاورمیکس- شرکت صالح کاشمر): هر کیلوگرم شامل ۱۹۶ گرم کلسیم، ۹۶ گرم فسفر، ۱۹ گرم منیزیم، ۴۶ گرم سدیم، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۲۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۳۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۱ میلی‌گرم سلنیوم، ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین E می‌باشد.

۲۶/۶۴±۰/۲۲ سانتی‌متر و ۲۷/۸۹±۰/۲۰ کیلوگرم بود. ۲۴ ساعت پس از تولید و نیز پس از ۳۵ و ۱۰۰ روز ذخیره‌سازی، مجدداً اقدام به توزین و اندازه‌گیری ابعاد بلوک‌ها گردید. درصد انبساط پس از فشرده‌سازی، با در نظر گرفتن میانگین ۱۰ تکرار و با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید (Berwal و همکاران، ۱۹۹۳؛ Singh و همکاران، ۱۹۹۸).

$$(۱) \quad PCE\ (\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100$$

در این معادله، PCE عبارت است از درصد انبساط پس از فشرده‌سازی؛ T_1، ضخامت بلوک‌ها در فشرده‌ترین حالت و T_2، ضخامت (ارتفاع) بلوک‌ها در فواصل زمانی مختلف می‌باشد. چگالی یا وزن مخصوص هر بلوک بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب از نسبت وزن به حجم آن به دست آمد. چگالی بلوک‌ها بلافاصله پس از تولید، ۲۴ ساعت پس از آن و پس از ۳۵ و ۱۰۰ روز ذخیره‌سازی، اندازه‌گیری شد. درصد کاهش چگالی در فواصل زمانی مختلف، با در نظر گرفتن ۱۰ تکرار برای هر ترکیب علوفه-کنسانتره فشرده با استفاده از معادله (۲) بدست آمد.

$$(۲) \quad D(\%) = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \times 100$$

در این معادله، D عبارت است از درصد کاهش چگالی بلوک‌ها؛ D_1، چگالی بلوک‌ها در زمان تولید و D_2، چگالی بلوک‌ها در فواصل زمانی مختلف می‌باشد. مدل آماری مورد استفاده جهت تجزیه آماری داده‌ها به صورت زیر بود.

$$Y_{ijkt} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkt}$$

در این مدل، Y_{ijkt}، عبارت است از هر یک از مشاهدات؛ μ، میانگین کل؛ α_i، β_j و γ_k به ترتیب اثرات اصلی اندازه قطعات علوفه، فشار پرس هیدرولیک و زمان توقف فشار پرس؛ $(\alpha\beta)_{ij}$، $(\alpha\gamma)_{ik}$، $(\beta\gamma)_{jk}$ و $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ اثرات متقابل ۲ گانه و ۳ گانه بین سطوح مختلف تیمارها و e_{ijkt}، اثر باقیمانده می‌باشد. در طول دوره نگه‌داری بلوک‌ها، تغییرات روزانه رطوبت نسبی و مطلق و نیز دمای محل نگهداری بلوک‌ها اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مقادیر دما و رطوبت ثبت شده در محل نگهداری بلوک‌ها

فراسنجه	دوره های زمانی		
	اول †	دوم ††	سوم †††
دما (°C)			
حداقل	۷/۷۰	۳/۹۷±۳/۸۶	-۱/۷۳±۴/۱۱
حداکثر	۲۴/۹۰	۱۷/۳۲±۶/۱۸	۱۰/۷۷±۵/۴۴
میانگین	۱۶/۳۰	۱۰/۶۵±۴/۴۱	۴/۶۰±۴/۰۸
رطوبت نسبی (٪)			
ساعت ۶/۵	۷۸/۵۰	۸۳/۳۴±۱۴/۱۵	۸۲/۵۵±۱۳/۳۶
ساعت ۱۲/۵	۳۴/۵۰	۴۴/۷۶±۱۹/۹۶	۴۷/۹۴±۱۹/۷۳
ساعت ۱۸/۵	۴۳/۰۰	۶۳/۱۷±۱۸/۴۵	۶۴/۵۷±۱۸/۹۶
رطوبت مطلق(٪)			
حداقل	۲۷/۰۰	۴۰/۷۶±۱۸/۶۰	۴۱/۹۹±۱۷/۹۷
حداکثر	۸۴/۰۰	۸۶/۷۶±۱۲/۳۶	۸۵/۴۰±۱۲/۰۱
میانگین	۵۵/۵۰	۶۳/۷۶±۱۳/۸۹	۶۳/۶۹±۱۳/۸۴

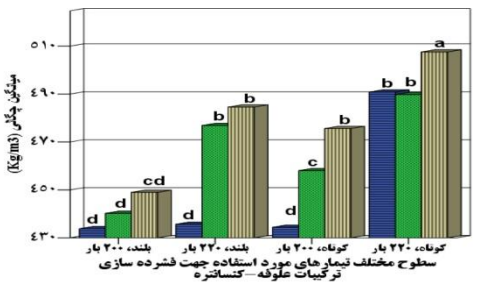
† ۲۴ ساعت از ۱۹ام لغایت ۲۰ام مهر ماه، †† ۳۵ روز از ۲۰ام مهر لغایت ۲۵ام آبان ماه، ††† ۶۵ روز از ۲۵ام ابان لغایت ۳۰ام دی ماه

نتایج و بحث

چگالی (تراکم)

اثر هر سه عامل اندازه قطعات علوفه، میزان فشار پرس هیدرولیک و نیز زمان توقف فشار بر میانگین میزان چگالی بلوک‌ها بلافاصله پس از تولید معنی‌دار ($p<۰/۰۰۱$) بود. همچنین اثر متقابل بین ۲ سطح اندازه قطعات علوفه (کوتاه و بلند) مورد استفاده در بلوک با ۲ سطح ۲۰۰ و ۲۲۰ بار فشار پرس هیدرولیک ($p<۰/۰۱$) و نیز اثر متقابل سه گانه آنها ($p<۰/۰۰۱$) بر میزان چگالی معنی‌دار بود. سایر اثرات متقابل معنی‌دار نبودند. وجود اثر متقابل معنی‌دار بین سطوح مختلف اندازه قطعات علوفه و فشار پرس هیدرولیک ممکن است ناشی از مقاومت ترکیب علوفه-کنسانتره با قطعات بلند در برابر اعمال فشار توسط دستگاه پرس هیدرولیک باشد. کاهش اندازه قطعات علوفه موجب افزایش کل سطح آنها و افزایش تعداد نقاط تماس برای اتصال بین ذرات در طی فرآیند فشرده سازی و احتمالاً افزایش میزان تراکم در این گروه از بلوک‌ها شده است. (Mani و همکاران، ۲۰۰۶؛ Tabil، ۱۹۹۶).

این نتیجه نشان داد که پاسخ میزان چگالی بلوک به اعمال تغییرات در مقدار فشار پرس هیدرولیک (۲۰۰ و ۲۲۰ بار) و زمان توقف فشار (۵، ۱۷ و ۳۰ ثانیه) در سطح اندازه قطعات علوفه کوتاه، بیشتر از سطح اندازه قطعات علوفه بلند (شکل ۱) بوده است ($p<۰/۰۰۱$). در بلوک حاوی یونجه و کاه گندم با قطعات بلند، بیشترین چگالی در فشار ۲۲۰ بار و زمان توقف فشار ۱۷ و ۳۰ ثانیه (به ترتیب ۲/۲۷±۴۷۶/۸۸ و ۴/۲۷±۴۸۴/۵۵ کیلوگرم بر هر متر مکعب) به‌دست آمد ($p<۰/۰۵$).



شکل ۱- مقایسه میانگین میزان چگالی (Kg/m^3) در گروه‌های مختلف بلوک خوراک کامل ($p<۰/۰۵$).
زمان توقف فشار: ۵ ثانیه ۱۷ ثانیه ۳۰ ثانیه،
مقدار فشار: ۲۰۰ و ۲۲۰ بار، اندازه قطعات علوفه: بلند (میانگین ۳۰ میلی متر) و کوتاه (میانگین ۱۰ میلی متر)

در بلوک‌های حاوی یونجه و کاه با قطعات کوتاه، کمترین میزان چگالی (۲/۷۷±۴۳۴/۴۰ کیلوگرم در هر متر مکعب) مربوط به بلوک‌های ساخته شده در سطح پایین فشار پرس هیدرولیک (۲۰۰ بار) و زمان توقف فشار ۵ ثانیه بود (شکل ۱). اما افزایش سطح فشار پرس هیدرولیک به ۲۲۰ بار در این گروه از بلوک‌ها، موجب افزایش میزان چگالی بلوک‌ها در همه سطوح زمان توقف فشار گردید به طوری که بالاترین میزان چگالی (۷/۸۹±۵۰۷/۵۲ کیلوگرم در هر متر مکعب) در بلوک‌های این گروه مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). این روند در بلوک‌های حاوی علوفه با قطعات بلند وجود نداشت. زوا احتمالاً مقاومت ترکیب علوفه-کنسانتره با قطعات بلند در مقابل فشار اعمال شده توسط دستگاه پرس هیدرولیک بیشتر از ترکیب علوفه-کنسانتره با قطعات کوتاه بود. به این دلیل با افزایش فشار پرس هیدرولیک، افزایش مقدار تراکم در آنها، به اندازه بلوک‌های حاوی علوفه با قطعات کوتاه نبود (شکل ۱).

این نتیجه با گزارش‌های Mani و همکاران (۲۰۰۶)؛ Das و همکاران (۲۰۰۵)؛ Viswanathan و Gothandapani (۱۹۹۹)؛ Tabil (۱۹۹۶)؛ Sing و Schiere (۱۹۹۵)؛ O'Dogherty (۱۹۸۹) و Butler و Mc Colly (۱۹۵۹) در خصوص تاثیر میزان فشار پرس هیدرولیک بر تراکم پذیری الیاف لیگنینوسلولزی مطابقت دارد. Das و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند افزایش فشار پرس هیدرولیک، میزان چگالی علوفه‌های مختلف را به طور معنی‌داری افزایش ($p<۰/۰۱$) داد. Butler و Mc Colly (۱۹۵۹)، گزارش کردند چگالی توده یونجه خرد شده، متناسب با لگاریتم طبیعی فشار اعمال شده به آن در طی فرآیند فشرده‌سازی می‌باشد. O'Dogherty (۱۹۸۹) و Viswanathan و Gothandapani (۱۹۹۹)، ویژگی‌های تراکم‌پذیری کاه‌ها و سایر محصولات فیبری کشاورزی تحت فشار پرس را مورد مطالعه قرار دادند و رابطه‌ای غیر خطی بین فشار اعمال شده با میزان چگالی حاصله ارائه نمودند. نتایج مطالعه Sing و Schiere (۱۹۹۵)، Tabil (۱۹۹۶) و Mani و

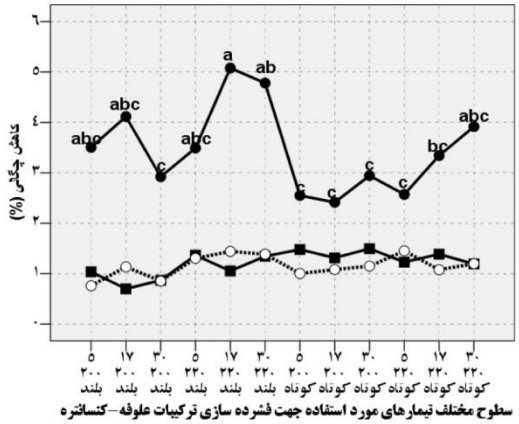
همکاران (۲۰۰۶)، نشان داد که میزان فشار پرس هیدرولیک، اندازه ذرات و محتوای رطوبت به طور معنی داری بر چگالی توده فشرده کاه و بقایای سایر گیاهان زراعی مؤثر است.

میانگین میزان چگالی (Kg/m^3) در گروه بلوک‌های حاوی علوفه با قطعات بلند (۴/۳۶±۴۵۷/۰۳) کم‌تر از گروه بلوک‌های حاوی علوفه با قطعات کوتاه (۴/۵۰±۴۷۸/۲۸) بود ($p<0/05$). این نتیجه نشان می‌دهد که با کاهش اندازه قطعات علوفه، قابلیت تراکم‌پذیری ترکیب علوفه-کنسانتره افزایش می‌یابد. بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، Lam و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که با افزایش اندازه قطعات کاه گندم، میزان چگالی توده فشرده افزایش یافت. این نتیجه به این علت حادث شده است که قطعات کاه گندم مورد استفاده در آزمایش آنها در حد اشباع مرطوب شده بودند. اما در پژوهش Kaliyan و همکاران (۲۰۰۹) با افزایش اندازه قطعات علوفه سویچ-گراس مقادیر چگالی در توده‌های فشرده کاهش یافت.

از طرف دیگر تغییر مشاهده شده در تراکم بلوک‌های تولیدی متناسب با تغییرات اعمال شده در اندازه قطعات علوفه، میزان و مدت توقف فشار پرس هیدرولیک، می‌تواند بیانگر صحت کار ماشین مورد استفاده در ساخت این بلوک‌ها نیز باشد.

در بیشتر گزارش‌های موجود، میزان چگالی منابع مختلف علوفه‌ای به تنهایی یا در ترکیب با کنسانتره در محدوده‌ای بین ۳۸۲/۲ تا ۵۷۵/۶ کیلوگرم در هر متر مکعب به دست آمده است (Afzal و همکاران، ۲۰۰۸؛ Das و همکاران، ۲۰۰۵؛ Singh و همکاران، ۱۹۹۸؛ Sihag و همکاران، ۱۹۹۱؛ Bruhn و همکاران، ۱۹۵۹). میزان چگالی در مطالعه حاضر در محدوده ۴۱۸/۰۲ تا ۵۳۳/۳۳ کیلوگرم در هر متر مکعب به دست آمد که از محدوده میزان چگالی مناسب جهت مصرف توسط دام (۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب، Yadav و همکاران ۱۹۹۰) مقداری بیشتر می‌باشد.

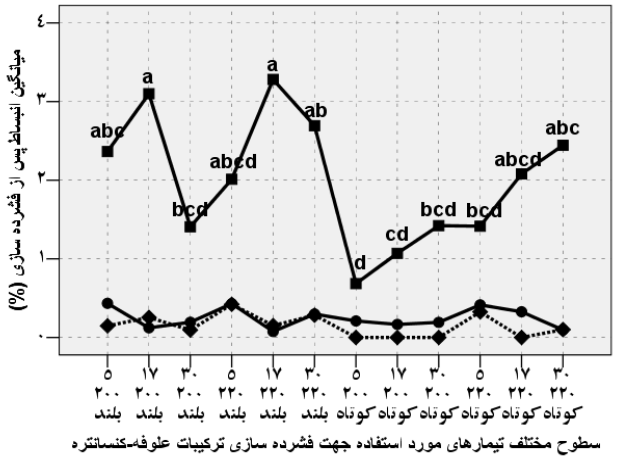
میانگین درصد کاهش چگالی (شکل ۲) در ۲۴ ساعت پس از تولید (۰/۱۷±۳/۵۰ درصد) بالاتر ($p<0/05$) از سایر دوره‌ها بود، به نحوی که به دلیل مقادیر نسبتاً کم میانگین درصد کاهش چگالی روزانه، میزان کاهش چگالی در دوره‌های بعد (به ترتیب ۰/۰۶±۱/۲۲ و ۰/۰۶±۱/۱۸ درصد در طول روزهای ۲ تا ۳۵ و ۳۶ تا ۱۰۰ ذخیره‌سازی) را می‌توان قابل اغماض دانست. علت بالاتر بودن میانگین کاهش چگالی در ۲۴ ساعت اول پس از ذخیره‌سازی، وجود خاصیت کش‌سانی یا الاستیسیته در یونجه خشک و کاه گندم موجود در بلوک می‌باشد. تغییر شکل ترکیب علوفه-کنسانتره (فشرده‌سازی) که در اثر فشار پرس هیدرولیک ایجاد می‌شود، باعث خارج شدن آن از وضعیت تعادلش شده و نیروهای بازگرداننده‌ای ایجاد می‌شوند که به محض برداشته شدن فشار پرس بر روی ترکیب علوفه-کنسانتره فشرده و خروج آن از قالب پرس هیدرولیک، این ترکیب تا حدودی به شکل اولیه خود برگشت پیدا کرده و نوعی انبساط در بلوک ایجاد می‌شود (سعادت پور، ۱۳۹۰ و Hozhabri و Singhal، ۲۰۰۶). انبساط بلوک به معنای افزایش حجم و کاهش چگالی (تراکم) آن می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین درصد کاهش چگالی ترکیب‌های مختلف بلوک ($p<0/05$)، در طول دوره‌های الف) -●- تا ۲۴ ساعت پس از تولید، ب) -■- روزهای ۲ تا ۳۵ ذخیره‌سازی و ج) -○- روزهای ۳۶ تا ۱۰۰ ذخیره‌سازی

انبساط پس از فشرده‌سازی

اثر اندازه قطعات علوفه ($p<۰/۰۰۱$) و میزان فشار ($p<۰/۰۲۳$) بر میانگین درصد انبساط پس از فشرده‌سازی معنی‌دار بود. اما زمان توقف فشار اثر معنی‌داری بر این پارامتر نداشت ($p<۰/۰۹$). اثرات متقابل بین سطوح مختلف تیمارها نیز معنی‌دار نبودند. شکل ۳ مقایسه میانگین درصد انبساط پس از فشرده‌سازی بلوک‌ها را در۲۴ ساعت اول، روزهای ۲ تا ۳۵ و ۳۶ تا ۱۰۰ ذخیره‌سازی نشان می‌دهد. صرف نظر از اندازه قطعات علوفه، میزان و زمان توقف فشار، بیشترین درصد انبساط در ۲۴ ساعت اول پس از فشرده‌سازی اتفاق افتاد ($p<۰/۰۱$) به نحوی که میزان انبساط در دوره‌های بعد را می‌توان قابل اغماض دانست. این تغییرات با تغییرات درصد کاهش چگالی بلوک‌ها در دوره‌های مزبور مشابه می‌باشد. با توجه به تعریف چگالی (مقدار وزن توده در واحد حجم آن) رابطهٔ بین تغییرات حجم (انبساط) و تغییرات چگالی در بلوک‌ها کاملاً قابل توجیه می‌باشد. انبساط پس از فشرده‌سازی در بلوک‌ها سبب افزایش حجم و در نتیجه کاهش میزان چگالی بلوک‌ها متناسب با میزان انبساط بلوک‌ها می‌شود. مطابق با نتایج این تحقیق، Das و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که، صرف نظر از نوع علوفه، میزان رطوبت و فشار پرس هیدرولیک، میزان انبساط در بلوک‌ها پس از گذشت ۲۴ ساعت بالاتر بود. علت بالاتر بودن میانگین انبساط پس از فشرده‌سازی در ۲۴ ساعت اول پس از ذخیره‌سازی، وجود خاصیت کش‌سانی یا الاستیسیته در یونجه خشک و کاه گندم موجود در بلوک می‌باشد که قبلاً در بحث کاهش چگالی بلوک‌ها بیان شده است. این نتیجه نشان داد که بدون کاهش قابل توجه در تراکم، این محصولات قابلیت نگهداری و ذخیره‌سازی در مدت‌های نسبتاً طولانی را دارا می‌باشند.



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد انبساط پس از فشرده‌سازی بلوک‌ها ($p<۰/۰۵$) در دوره های مختلف الف)-■- تا ۲۴ ساعت پس از تولید، ب) -♦- روزهای ۲ تا ۳۵ ذخیره سازی و ج) -●- روزهای ۳۶ تا ۱۰۰ ذخیره سازی

روند افزایشی میزان درصد انبساط بلوک‌ها از زمان تولید تا ۲۴ ساعت پس از آن، با افزایش میزان فشار وزمان توقف فشار، در بلوک‌های حاوی علوفه با اندازه قطعات کوتاه به صورت خطی بود (شکل ۳). در این گروه، با افزایش مقدار فشار از ۲۰۰ به ۲۲۰ بار وزمان توقف فشار از ۵ ثانیه به ۱۷ و ۳۰ ثانیه، به میزان انبساط بلوک‌ها افزوده شد. با این حال اختلاف بین انبساط بلوک‌های فشرده شده در فشار ۲۰۰ بار و زمان توقف فشار ۵ ثانیه (۰/۲۷±۰/۶۹ درصد) با بلوک‌های فشرده شده در فشار ۲۲۰ بار و زمان توقف فشار۳۰ ثانیه (۰/۷۸±۲/۴۴ درصد) معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). میزان انبساط در گروه‌های دیگر بلوک‌ها با هم تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند.

در گروه حاوی علوفه با اندازه قطعات بلند، در هر سطح از فشار پرس هیدرولیک، افزایش زمان توقف فشار از ۵ ثانیه به ۱۷ ثانیه موجب افزایش جزئی در میانگین انبساط بلوک‌ها گردید و افزایش زمان توقف فشار از ۱۷ ثانیه به ۳۰ ثانیه، موجب کاهش جزئی در مقدار انبساط بلوک‌ها گردید. اما در این گروه از بلوک‌ها، بیشترین میانگین انبساط در بلوک‌های فشرده شده با مقادیر فشار ۲۰۰ و ۲۲۰ بار و زمان توقف فشار ۱۷ ثانیه (به ترتیب ۰/۴۹±۳/۱۰ و ۰/۲۵±۳/۲۸ درصد) و کمترین میانگین انبساط (۰/۳۴±۱/۴۱ درصد) در بلوک‌های فشرده شده با فشار ۲۰۰ بار و زمان توقف فشار ۳۰ ثانیه مشاهده شد ($p<0/05$).

ممکن است به دلیل بلند بودن قطعات علوفه در ترکیب علوفه-کنسانتره حاوی علوفه بلند، نسبت‌های مختلفی از این قطعات در زمان فشرده سازی در امتداد هم قرار نگرفته باشند و موجب ایجاد بی نظمی در روند منطقی افزایش انبساط پس از فشرده‌سازی بلوک‌ها از زمان تولید تا ۲۴ ساعت پس از آن، با افزایش میزان و زمان توقف فشار در این گروه از بلوک‌ها شده باشند (توکلی هشتچین، ۱۳۸۲). نتایج این آزمایش بیانگر این است که صرف نظر از نوع علوفه، اندازه قطعات علوفه مورد استفاده در بلوک نقش مهمی در تراکم پذیری و انبساط پس از فشرده‌سازی بلوک دارد. تغییر اندازه قطعات علوفه موجب تغییر در روند انبساط بلوک شد. Das و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند بلوک‌های بر مبنای کاه گندم یا کاه برنج مرطوب که با مقدار فشار پرس هیدرولیک پایین فشرده شدند، در مقایسه با بلوک‌های از همان نوع که با مقدار فشار پرس هیدرولیک بالا فشرده شدند، انبساط پس از فشرده‌سازی بیشتری ($p<0/01$) داشتند. این گزارش با نتایج مطالعه حاضر در این خصوص مغایرت دارد. در مطالعه مزبور افزایش سطح رطوبت در علوفه مورد استفاده در ترکیب علوفه-کنسانتره موجب تغییر رفتار تراکم پذیری آن و ایجاد تفاوت با نتایج سایر مطالعات شد.

در مطالعه حاضر، میزان انبساط پس از فشرده‌سازی بلوک‌های خوراک کامل مبتنی بر ۲۹ درصد یونجه خشک و ۱۶ درصد کاه گندم، با نسبت علوفه به کنسانتره ۴۵ به ۵۵، پس از ۱۰۰ روز ذخیره‌سازی در محدوده صفر تا ۵/۰۵ درصد برآورد گردید که از مقادیر انبساط پس از فشرده‌سازی بلوک‌های خوراک کامل برآورد شده در سایر گزارش‌ها که البته با نسبت‌های علوفه به کنسانتره متفاوت و بر مبنای سایر علوفه ها می باشند، به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر است. Singh و همکاران (۲۰۱۶)، Hozhabri و Singhal (۲۰۰۶) و Samanta و همکاران (۲۰۰۴) نیز میزان انبساط بلوک‌های مبتنی بر کاه گندم را بیش‌تر از میزان انبساط بلوک‌های مبتنی بر سایر علوفه‌ها گزارش کردند. بیش‌تر بودن انبساط در بلوک‌های مبتنی بر کاه گندم ممکن است به دلیل قابلیت بالاتر قطعات کاه گندم به رسیدن به شکل اولیه خود نسبت به سایر علوفه‌ها پس از برداشتن فشار باشد (Hozhabri و Singhal، ۲۰۰۶). Sharma و همکاران (۲۰۱۴) حداکثر میزان انبساط را پس از ۱۶ هفته ذخیره‌سازی در بلوک‌های حاوی ۱۰۰ درصد علوفه سبز مرتع (۹/۹۰ درصد) و حداقل میزان انبساط را در همان مدت زمان، در بلوک‌های حاوی ۵۰ درصد علوفه سبز مرتع و ۵۰ درصد کنسانتره (۵/۹۵ درصد) گزارش کردند. افزایش مقدار کنسانتره در بلوک‌های خوراک کامل از صفر به ۵۰ درصد، موجب کاهش میزان انبساط پس از فشرده‌سازی از ۴۹/۱ به ۴۳/۳ درصد و افزایش چگالی توده فشرده شده از ۲/۴ به ۳/۵ برابر شد (Kishore و همکاران، ۲۰۰۵).

رابطه بین فراسنجه‌ها

بین مقدار چگالی (Kg/m^3) بلوک‌ها در زمان تولید و درصد انبساط آنها ۲۴ پس از تولید و نیز پس از ۱۰۰ روز ذخیره سازی، رابطه خطی وجود داشت (به ترتیب، $p<0/024$ و $p<0/001$، جدول ۲). با توجه به این‌که اثر هر سه عامل اندازه قطعات علوفه، میزان فشار پرس هیدرولیک و نیز زمان توقف فشار بر میانگین میزان چگالی بلوک‌ها بلافاصله پس از تولید معنی‌دار ($p<0/001$) بود، این نتایج می‌تواند بیانگر این باشد که صرف نظر از اندازه قطعات یونجه و کاه گندم، ترکیب‌های علوفه-کنسانتره‌ای که با میزان و مدت زمان توقف فشار بالاتر (۲۲۰ بار و ۳۰ ثانیه) فشرده شدند، مقدار چگالی (تراکم) بیشتری داشتند و میانگین درصد

انبساط پس از فشرده سازی آنها پس از ۲۴ ساعت یا ۱۰۰ روز ذخیره‌سازی، بالاتر از گروهی بود که با میزان و مدت زمان توقف فشار پایین‌تر (۲۰۰ بار و ۵ ثانیه) فشرده شده بودند.

علوفه خشک یونجه و کاه گندم مورد استفاده در بلوک‌ها، دارای خاصیت کش‌سانی یا الاستیسیته می‌باشند. تغییر شکل ترکیب علوفه-کنسانتره (فشرده‌سازی) که در اثر فشار پرس هیدرولیک ایجاد می‌شوند، باعث خارج شدن آن از وضعیت تعادلش شده و نیروهای بازگرداننده‌ای ایجاد می‌شوند که موجب انبساط پس از فشرده‌سازی این ترکیب می‌گردند (سعادت پور، ۱۳۹۰). هرچه ترکیب علوفه-کنسانتره تحت فشار پرس هیدرولیک بالا، فشرده‌تر شود، میزان تغییر شکل وجابه‌جایی تعادل آن ترکیب بیش‌تر شده و بنا بر این پس از پایان مرحله فشرده‌سازی، با توجه به وجود خاصیت الاستیسیته در علوفه‌ها، وقتی آن ترکیب به حالت و شکل اولیه برگشت پیدا می‌کند، تفاوت تغییرات حجم آن بیشتر می‌شود. بین درصد کاهش چگالی و درصد انبساط بلوک‌ها پس از گذشت ۲۴ ساعت یا ۱۰۰ روز ذخیره‌سازی رابطه خطی وجود داشت ($p<۰/۰۰۱$، جدول ۲). با توجه به تعریف چگالی، وجود چنین ارتباطی بین کاهش چگالی و انبساط حجم توده‌های مورد مطالعه کاملاً منطقی می‌باشد.

جدول ۲- رابطه بین فراسنجه‌ها

متغیر مستقل	متغیر وابسته	P value	r	معادله رگراسیون
چگالی (Kg/m^3)†	مقدار انبساط (٪)††	۰/۰۲۴	۰/۲۷۹	Y=0.017X - 5.477
چگالی (Kg/m^3)†	مقدار انبساط (٪)†††	۰/۰۰۱	۰/۴۰۹	Y=0.024X - 8.229
کاهش چگالی (٪)††	مقدار انبساط (٪)††	۰/۰۰۱	۰/۹۲۱	Y=-1.005X + 1.479
کاهش چگالی (٪)†††	مقدار انبساط (٪)†††	۰/۰۰۱	۰/۸۴۲	Y=-0.930X + 3.559
چگالی (Kg/m^3)†	رطوبت (٪)†	۰/۴۴۹	-۰/۰۹۶	Y=-0.003X + 12.697
چگالی (Kg/m^3)†	رطوبت (٪)†††	۰/۰۰۱	-۰/۳۹۲	Y=0.009X + 5.776

† بلافاصله پس از تولید، †† ۲۴ ساعت پس از تولید، ††† ۱۰۰ روز پس از تولید

بین مقدار چگالی بلوک‌ها بلافاصله پس از فشرده‌سازی و درصد محتوای رطوبت آنها ۱۰۰ روز پس از ذخیره‌سازی رابطه خطی معکوس وجود داشت ($p<۰/۰۰۱$، $r= -۰/۳۹۲$، جدول ۲). علت وجود این ارتباط ممکن است تأثیر میزان چگالی بلوک‌ها بر میزان تبخیر محتوای رطوبت بلوک‌ها باشد. به این معنی که بلوک‌های دارای چگالی بالاتر (متراکم‌تر) میزان تبخیر محتوای رطوبت بیشتری داشته، لذا پس از ۱۰۰ روز ذخیره‌سازی در شرایط دما و رطوبت محل ذخیره‌سازی (جدول ۱) درصد محتوای رطوبت آنها کمتر شده است.

مطالعات نشان داده‌اند که به منظور تولید توده‌های متراکم ماندگار و پایدار، وجود ۸ تا ۱۲ درصد رطوبت در ترکیب فشرده مطلوب می‌باشد (Kaliyan و همکاران، ۲۰۰۹؛ Obernberger و Thek، ۲۰۰۴). در آزمایش حاضر، محدوده محتوای رطوبت در بلوک‌های با اندازه قطعات بلند ۸/۹۱ تا ۱۲/۶۳ درصد و در بلوک‌های با اندازه قطعات کوتاه ۸/۴۵ تا ۱۲/۱۶ درصد در زمان تولید بود که در محدودهٔ مطلوب محتوای رطوبت ترکیب علوفه کنسانتره فشرده می‌باشد. به دلیل عدم تفاوت در رطوبت نسبی توده‌های علوفه-کنسانتره در زمان فشرده‌سازی، بین مقدار چگالی بلوک‌ها (Kg/m^3) و درصد محتوای رطوبت آنها در زمان تولید، ارتباط معنی‌داری وجود نداشت (جدول۲). Colley و همکاران (۲۰۰۶) نیز مشاهده نمودند که میزان کاهش محتوای رطوبت در توده‌های فشرده سویچ-گراس به طور معنی‌داری تحت تاثیر چگالی این توده‌ها قرار گرفته است و با افزایش میزان چگالی، محتوای رطوبت توده‌های فشرده کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که هر چه اندازه قطعات علوفه کوتاه‌تر و میزان و زمان توقف فشار پرس بیش‌تر باشد، مقدار چگالی (تراکم) بلوک بیش‌تر است و هر چه اندازهٔ قطعات یونجه و کاه گندم بلندتر و میزان فشار پرس بیش‌تر باشد، میزان انبساط پس از فشرده‌سازی بلوک‌ها بیش‌تر است. اندازهٔ قطعات علوفه با میانگین ۱۰ میلی‌متر در ترکیب بلوک‌ها آن‌قدر ریز بود که باعث بروز پاسخ نامناسب تراکم خیلی بالا در برخی از بلوک‌های تولیدی، بیش از حداکثر مقدار چگالی مناسب پیشنهاد شده (۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب، Yadav و همکاران ۱۹۹۰) جهت تغذیه دام شد. از طرف دیگر، اندازه قطعات علوفه با میانگین ۳۰ میلی‌متر در ترکیب بلوک‌ها آن‌قدر درشت بود که باعث بروز پاسخ نامناسب ناپایداری در اثر انبساط پس از فشرده‌سازی بالا در برخی دیگر از بلوک‌های تولیدی شد. بنا بر این پیشنهاد می‌شود، اندازهٔ قطعات یونجهٔ خشک و کاه گندم مورد استفاده در ساخت بلوک‌های خوراک کامل بیش‌تر از ۱۰ میلی‌متر و کم‌تر از ۳۰ میلی‌متر باشد. بهترین شرایط برای تولید بلوک‌های خوراک کامل مبتنی بر یونجه و کاه گندم با نسبت علوفه: کنسانتره: ملاس به ترتیب ۴۵، ۴۵، ۱۰، اندازهٔ قطعات علوفه با میانگین ۲۰ میلی متر، فشار پرس هیدرولیک ۲۲۰ بار و زمان توقف فشار ۵ ثانیه می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات علوم دامی کشور و کارخانهٔ خوراک دام کوه‌پایهٔ آفتاب شرق قدردانی می‌گردد.

منابع

توکلی هشتچین، ت. (۱۳۸۲). مکانیک محصولات کشاورزی. انتشارات سالکان. تبریز. ۱-۵۲۰.

سعادت پور، م.م. (۱۳۹۰).*مبانی تئوری الاستیسیته*. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱- ۸۷۰.

فضائلی، ح.، آقاشاهی، ع.ر.، تیموری، ع. و خاکی، م. (۱۳۹۵). تاثیر شکل فیزیکی جیرهٔ غذایی بر عملکرد گوساله های نر پرواری هلشتاین. *تولیدات دامی*. ۱۸ (۱): ۵۱-۶۰.

Afzal, Y., Mattoo, F.A., Ganai, A.M. and Shad, F.I. (2008). Physical characteristics of complete feed blocks based on various roughage sources. *Appl. Bio. Res.*. 10 (1&2): 51-54.

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.

Ben Salem, H., and Nefzaoui, A. (2003). Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. *Smal. Rum. Res*. 49: 275-288.

Ben Salem, H., Nefzaoui, A. and Ben Salem, L. (2000). Supplementing range goats in central Tunisia with feed blocks or a mixture of *Opuntia ficus indica var. Inermis* and *Atriplex nummularia*. Effects on behavioral activities and growth. Proc. of the 7th Intern. Conf. on Goats. France .988–989.

Ben Salem, H., Al-Jawhari, N., Daba, M.A., Chriyaa, A., Hajj Hassan, S., Dehimi, M. L. and Masri, M.Y. (2005). Feed block technology in West Asia and North Africa. ICARDA, 111.

Berwal, R.S., Lohan, O.P., Rathee, C.S. and Yadav, K.K. (1993). Effect of various chemicals on post compression expansion and durability of crop residue blocks. *Indian J. Anim. Nutr*. 10 (2):119 -122.

Bruhn, H.D., Zimmerman, Z. and Niedermeir, R.P. (1959). Development in pelleting forage crops. *Agri Eng*. 40: 204-209.

Butler, B.J. and Mc Colly, H.F. (1959). Factors affecting the pelleting of hay. *Agri. Eng.* 49: 442-46.

Colley, Z., Fasina, O.O., Bransby, D., and Lee, Y.Y. (2006). Moisture effect on the physical characteristics of switch-grass pellets. Trans. ASAE. 49(6): 1845-1851.

Das, M.M., Samanta, A.K., Singh, K.K. and Kundu, S.S. (2005). Effect of pressure and moisture on the compaction behavior of commonly available roughages. *Indian J .of Anim .Nutr*. 22 (4): 210-213.

Hozhabri, F. and Singhal, K.K. (2006). Physical parameters of complete feed blocks based on wheat straw and sugarcane bagasse. *Indian J. of Anim. Nutr.* 23 (3): 150-154.

Kaliyan, N., Morey, R.V., White, M.D., and Doering, A. (2009). Roll-press briquetting and pelleting of corn stover and switch-grass. Trans. ASABE. 52 (2): 543-555.

Kishore, N., Lohan, O.P., Sunda, S.K. and Jaglan, B.S. (2005). Effect of processing and roughages to concentrate ratio on the densification characteristics of feed blocks. *Indian J. of Anim. Nutr*. 22(3): 152-155.

Konka, R.K., Dhulipalla, S.K., Jampala, V.R., Arunachalam, R., Pagadala, E.P. and Elineni, R.R. (2015). Evaluation of crop residue based complete rations through *in vitro* digestibility. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 2 (1): 64-68.

Lam, P.S., Sokhansanj, S., Bi, X., Lim, C.J., Naimi, L.J., Hoque, M., Mani, S., Womac, A.R., Ye, X.P. and Narayan, S. (2008). Bulk density of wet and dry wheat straw and switch-grass particles. *Appl. Eng. Agric.* 24 (3): 351-358.

Mani, S., Tabil, L.G. and Sokhansanj, S. (2006). Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomas. and Bioener.* 30 (7): 648- 654.

Obernberger, I. and Thek. G. (2004). Physical characterization and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior. *Bioma. and Bioener.* 27: 653-669.

O'Dogherty, M.J. (1989). A review of the mechanical behavior of straw when compressed to high densities. *J. Agric. Engin. Res*. 44: 241-265.

Samanta, A.K., Dus, M.M., Singh, K.K. and Kunda, S.S. (2003a). Complete feed block; a new approach for handling and feeding bulkily feed resources. *Indian Dair. Manag*. 55: 57-59.

Samanta, A.K., Singh, K.K., Das, M.M. and Kundu, S.S. (2004).*Complete Feed Block -A Balanced Ration for Livestock.* Indian Grassland and Fodder Res. Inst., Jhansi, Uttar Pradesh, India.

Sihag, Z.S., Rathee, C.S. and Lohan, O.P. (1991). Factors affecting complete feed blocks formation of straw-based. *Indian J. of Anim. Scie*. 61: 1218-1224.

Sing, k. and Schiere, J.B. (1995). *Handbook for straw feeding systems, Principles and applications with emphasis on Indian livestock production*. Indian Council of Agri. Res. (animal sciences), Krishi bhavan, new dehli, India.

Singh, P.K., Chandramoni, C., Kumar, A. and Kumar, S. (2016). Effect of feeding wheat and rice straw based complete feed blocks on nutrients utilization, blood biochemical and growth performance in crossbred calves. *Indian J. of Anim. Scie*. 86 (7): 771–776.

Singh, J., Lohan, 0.P. and Rathee, C.S. (1998). Evaluation of berseem based complete feed blocks in growing buffalo calves. *Indian J. of Anim. Scie*. 68 (5): 480-483.

Sharma, V., Sharma, V.K., Bhardwaj, P. and Sharma, A. (2014). Physical and chemical properties of complete feed blocks prepared from pasture grass hay of dry temperate zone of himachal pradesh. *Indian J .of Anim .Nutr*. 31 (2): 162-165.

Tabil, L.G. (1996). Binding and pelleting characteristics of alfalfa. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, Department of Agricultural and Bioresource Engineering, University of Saskatchewan.

Viswanathan, R. and Gothandapani, L. (1999). Pressure density relationship and stress relaxation characteristics of coir pith. *J. Ag. Eng. Res.* 73 (3): 217-225.

Yadav, K.K., Rathee, C.S. and Lohan, O.P. (1991). Compaction behavior of straw based complete feed. *Indian J. of Anim. Nutr*. 61 (7): 980-985.

Yadav, K.K., Rathee, C.S. and Lohan, O.P. (1990). Effect of compaction of roughage based complete feed on digestibility and rumen parameters. *Indian J. of Anim. Nutr*. 7 (1): 27-30.