مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۳۷، شماره ۲، سال ۱۳۸۵ (۲۹۲-۲۸۱)

مقايسه روش كيسه‌هاي نايلوني (**in situ**) و روش آزمون گاز در تعيين ارزش غذايي مواد خوراكي

علي نيكخواه[۱] و علي مهدوي[۲]
استاد و دانشجوي دوره دكتري پرديس كشاورزي و منابع طبيعي دانشگاه تهران
تاريخ پذيرش مقاله ۸۳/۱۱/۲۱

خلاصه

به منظور تعيين ارزش غذايي بعضي از مواد خوراكي با روشهاي مختلف مانند روشهاي كيسه‌هاي نايلوني **(nylon bag)** و روش آزمون گاز **(gas test)** تحقيق حاضر انجام شد. در اين پژوهش تعداد شش راس گاو اخته فيستولا گذاري شده (۳ راس هلشتاين و۳ راس سيستاني)، در قالب طرح كاملاً تصادفي با دو مشاهده در هر تكرار مورد استفاده قرار گرفتند . مقدار گاز توليدي در زمانهاي ۰، ۲، ٤، ٦، ۸، ١٦، ٢٤، ٤٨، ٧٢ و ٩٦ ساعت و تجزيه پذيري به روش كيسه‌هاي نايلوني در زمانهاي ۰،٤،۸،١٦،٢٤،٤٨،٧٢ و ٩٦ ساعت اندازه‌گيري گرديد. خوراكهاي مورد آزمايش در اين پژوهش يونجه خشك، كاه گندم، علوفه ذرت سيلو شده ، كنسانتره (جو : ٦٣% - كنجاله پنبه: ٢١% -سبوس گندم: ١٤% - آهك: ١% - مكمل معدني: ۰/۵% - مكمل ويتامينه: ۰/۵%) و پنبه دانه بودند كه دامهاي مورد آزمايش در حد نياز نگـهداري با آنها تغذيه شدند . تجزيه پذيري ماده خشك پس از ٩٦ ساعت انكوباسيون براي يونجه، كاه گندم و ذرت سيلو شده به ترتيب ۷۱/۵۲، ۵۱/۰۲ و ۷۷/۸۹ درصد و در زمان ٤٨ ساعت براي كنسانتره و پنبه دانه به ترتيب ۸۰/۵۹ و ۵۳/۵۱ درصد و نتايج حاصل از تجزيه پذيري موثر ماده خشك براي موارد فوق با تغذيه در سطح نگهداري به ترتيب برابر ٦٤/٤٠، ٣٦/٧٠، ٦٦/٤٣، ٧٦/٠٣ و ٤٨/١٦ درصد بود. تجزيه پذيري ماده خشك خوراكهاي مورد آزمايش در زمان ٢٤ ساعت به ترتيب ٦٦/٩٣، ٣٣/٥٧، ٦٨/٢٤، ٧٩/٨٣ و ٤٨/٧١ درصد بود. ميزان گاز توليدي خوراكهاي يونجه، كاه گندم و ذرت سيلو شده در ساعت ٩٦ انكوباسيون به ترتيب برابر ۵۱، ٤۵ و ۷۵/۵ ميلي‌ليتر و براي كنسانتره و پنبه دانه در ساعت ٤٨ انكوباسيون ۸۱ و ۵۸/۵ ميلي ليتر بود. ضريب همبستگي بدست آمده بين تجزيه پذيري ماده خشك و ميزان گاز توليدي براي خوراكهاي مورد آزمايش به ترتيب ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۹٦ و ۰/۹۹ بود و اين ضريب بين تجزيه پذيري پروتئين خام و ميزان گاز توليدي به ترتيب ۰/۹۷، ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۸ بود. با توجه به همبستگي بالا بين تجزيه پذيري ماده خشك، تجزيه پذيري پروتئين خام، تجزيه پذيري ديواره سلولي و تجزيه پذيري ديواره سلولي منهاي همي سلولز با ميزان گاز توليدي، روابط تابعيت بين فراسنجه‌هاي فوق و گاز توليدي براي تخمين ميزان تجزيه پذيري اين فراسنجه‌ها از روي ميزان گاز توليدي بدون انجام آزمايشات هضمي محاسبه گرديد. به عنوان مثال رابطه تابعيت بين ميزان تجزيه پذيري ماده خشك يونجه و گاز توليدي آن: **Y = 35.724 + 0.714 x** بود كه با توجه به مقدار گاز توليدي۵۱ ميلي‌ليتر در زمان ٩٦ ساعت، معادله فوق، تجزيه پذيري ماده خشك يونجه را در اين ساعت ۷۲/۱٤ درصد برآورد مي‌كند كه از نظر آماري با مقدار ۷۱/۵۲ درصد حاصل از آزمايشات كيسه‌هاي نايلوني تفاوت معني‌داري را نشان نمي‌دهد.

واژه هاي كليدي: آزمون گاز، كيسه‌هاي نايلوني، تجزيه پذيري

مكاتبه كننده: علي مهدوي E-mail:ali.mahdavy@yahoo.com

مقدمه

امروزه جمعيت انسانها با رشد بسيار سريعي روبرو است كه اين پديده در مقايسه با قرن نوزدهم يك انفجار محسوب مي‌شود. افزايش جمعيت از دو جنبه براي متخصصين علوم كشاورزي و منابع طبيعي حائز اهميت است ، در درجه اول دستيابي به تكنولوژي تامين غذاي بشر براي جمعيت دنيا و عواملي كه در ميزان و عرضه غذا تاثير دارد و دوم مطالعه روند ازدياد جمعيت و اثرات آن بر عرضه محصولات كشاورزي براي نسلهاي آينده مي باشد . در اين رابطه مسائل مختلفي مي بايست مورد توجه قرار گيرد براي مثال استفاده بهينه از مواد خوراكي و مسئله محدوديت زمين قابل كشت و مشكلات زيست محيطي و استفاده بيش از حد از منابع محدود از آن جمله هستند (۱) . به منظور استفاده بهينه از مواد خوراكي ، نياز به اطلاعات كافي در زمينه احتياجات حيوان ، مواد خوراكي مورد استفاده و قابليت دسترسي به مواد مغذي توسط دام و تامين اطلاعات لازم در راستاي تعيين ارزش مواد خوراكي و خوشخوراكي و عوامل محدود كننده مواد خوراكي لازم به نظر مي آيد (٤) . به هرحال به علت اينكه مواد مغذي ضروري براي حيوان از طريق منابع مختلف تامين مي گردند لذا جهت بهبود سيستم غذايي دام در هر منطقه ، شناخت خصوصيات كمي و كيفي مواد خوراكي در ارتباط با ارزش غذايي خوراك مصرفي و همچنين تامين احتياجات حيوانات براي اهداف مختلف پرورش ضرورتي اجتناب ناپذير مي باشد ، لذا براي تغذيه صحيح در درجه اول بايستي تركيب شيميايي و اجزا مغذي خوراك ها را بشناسيم و بعد قابليت هضم و يا قابليت استفاده از مواد مغذي خوراك ها را شناسايي كنيم (٤ ، ٥) .

يكي از روش هاي مهم جهت تعيين ارزش غذايي مواد خوراكي ، تعيين قابليت هضم مي باشد . براي تعيين قابليت هضم مواد خوراكي از روش هاي آزمايشگاهي و بيولوژيكي استفاده مي شود . روش آزمايشگاهي مرسوم روش تيلي و تري (۱۹٦۳) است و روش استفاده از حيوان زنده (in vivo) و روش كيسه هاي نايلوني (in sacco) از روش هاي مرسوم بيولوژيكي هستند. روش آزمايشگاهي جديد ، روش آزمون گاز[1] مي باشد كه يكي ازاهداف اين پژوهش تعيين ارزش غذايي مواد خوراكي با استفاده از روش كيسه هاي نايلوني و آزمون توليد گاز مي باشد .

هدف ديگر تعيين ضرايب همبستگي و تابعيت بين تجزيه پذيري ماده خشك ، پروتئين خام ، ماده آلي و الياف بين روش كيسه هاي نايلوني (in sacco) وگاز توليدي به روش آزمون توليد گاز بوده است .

مواد و روش‌ها

جهت اندازه گيري تركيبات شيميايي از موادخوراكي مورد آزمايش شامل : يونجه ، كاه گندم و ذرت سيلو شده (توليدي مزرعه گروه علوم دامي دانشكده كشاورزي)، يك نمونه كنسانتره (جو: ٦٣ % - كنجاله پنبه: ۲۱% -سبوس گندم: ١٤% - آهك: ۱% - مكمل معدني: ۰/۵% - مكمل ويتامينه: ۰/۵%) و تخم پنبه استفاده شد .

تركيبات شيميايي طبق روشهاي AOAC [2] : ماده خشك ، پروتئين خام با استفاده ازدستگاه(Kjeltec analyze 1030) ، چربي خام توسط دستگاه (Soxtec Sys HT.1042) خاكستر توسط دستگاه (Carbalite furnaces system RHF 17.10 E)و عناصر معدني كلسيم و گوگرد با دستگاه (Atomic absorption spectrophotometry 902) و فسفر با دستگاه (spectrophotometry coleman junior) و مقدار گاز توليدي در شكمبه توسط دستگاه (گاز سنج مدل WTB – Binder) اندازه گيري شدند (۷) .

براي تعيين تجزيه پذيري از ٦ راس گاو (۳ راس هلشتاين ـ ۳ راس سيستاني) نر اخته شده بالغ با ميانگين وزن: هلشتاين ۲۳ ± ۳۹۵ كيلوگرم و سيستاني ۱۲ ± ۳۷۸ كيلوگرم كه در شكمبه آنها فيستولا گذاري شده بود استفاده گرديد . حيوانات مورد آزمايش در جايگاههاي انفرادي نگهداري مي شدند .

يونجه و ذرت سيلو شده هر يك به تنهايي به حيوانات خورانيده شد ولي در مورد كاه گندم پس از محاسبه حداقل نيتروژن مورد نياز ، مقدار ۱ كيلوگرم كنسانتره در دو وعده بطور مساوي همراه با كاه خورانيده شد . در مراحل بعدي دام ها با استفاده از جيره شامل ٤٠ درصد يونجه و ٦٠ درصد

1. Gas Production or Gas Test

2. Association of Official Analitical Chemists

کنسانتره به عنوان جيره پايه جهت اندازه گيري تجـزيه پذيري دو ماده خوراکي آزمايشي کنسانتره و پنبه دانه تغذيه شدند . لازم به ذکر است که در آزمـون گاز هم از شيـره شکـمبه حيوانـات در حاليـکه با اين جيره پايه تغذيه مي شـدند استفاده گرديد.

پس از نمونه برداري از مواد خوراکي مختلف و خردکردن آنها و آسياب نمودن با آسيـاب مخصـوص که داراي غربال با منـفذ ۲ ميليمتر بود طبق دستورالعمل، تجزيه پذيري اندازه گيري گرديد (٦ و ١٩) .

مواد خوراکي غير خشبي به مدت زمانهاي ۰ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ ، ٢٤ و ٤٨ ساعت و مواد خشبي در زمانهاي ۰ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ ، ٢٤ ، ٤٨ ، ٧٢ و ٩٦ در شکمبه نگهداري شدند (٦) . براي برآورد ميزان تجزيه پذيري در زمان صـفر يا بطور دقيق تر ، ميـزان مواد محلول در آب (يا مواد خوراکي کوچکتر از ٥٠ ميکرومتر) ، ابتدا براي هر ماده خوراکي دو تکرار در نظر گرفته شد و سپس کيسه هاي حاوي مواد خوراکي پس از توزين به مدت ٥٠ تا ٦٠ دقيقه در آب ولرم و سپس در ماشين لباسشويي با آب سرد به مدت ١٥ دقيقه با ٦٠٠ دور در دقيقه شستشو داده شد . سپس کيسه ها به مدت ٢٤ ساعت در انکوباتور با دماي ٦٠ درجه سانتيگراد قرار داده شد و پس از خروج از انکوباتور به مدت ٤٨ ساعت در دماي آزمايشگاه قرار گرفت (در مورد ساير نمونه ها هم به ترتيب فوق عمل گرديد)، اختلاف وزن محتويات اين کيسه ها با نمونه شسته نشده بيانگر ميزان تجزيه پذيري نمونه خوراك در زمان صفر مي باشد (٦) .

مواد و دستگاههاي لازم براي انجام آزمون گاز

١ ـ انکوباتور هواکش دار با دقت در دماي ±۰/۱ درجه سانتيگراد با ابعاد داخلي ٥٠×٧٠×٧٠ سانتيمتر . با صفحه دوار با ظرفيت ٥٦ سرنگ با سرعت ١ دور در دقيقه ٢ ـ سرنگهاي شيشه اي ١٠٠ ميلي ليتري و شيلنگ هاي سيليکوني به طول ٥ سانتيمتر براي هر سرنگ مجهز به گيره . ٣ ـ پمپ خلاء براي کشيدن مايع شکمبه . ٤ ـ ترازوي دقيق با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم . ٥ ـ مواد شيميايي براي ساختن محلولهاي لازم و وازلين . ٦ ـ کپسول گاز CO_2 . ٧- حمام آب گرم ٨- پيپت براي کشيدن مايع شکمبه. ٩ـ پيپت اتوماتيك براي کشيدن محلولها. ١٠ـ گرم کن همراه با مگنت جهت گرم کردن و حل کردن اجزاء محلولها (٢١، ٢٢) .

آماده سازي محلولها براي آزمون گاز

محلول اول: ٥/٧ گرم Na_2HPO_4 ، ٦/٢ گرم $KHPO_4$ ، ۰/٦ گرم$MgSO_4 \times 7H_2O$ که با آب مقطر به حجم يك ليتر رسانده و حل گرديد .

محلول دوم: ١٣ گرم $CaCl_2 \times 2H_2O$ ، ١٠ گرم $MnCl_2 \times 4H_2O$ ، ١ گرم $CoCl_2 \times 6H_2O$ ، ۰/٨ گرم $FeCl_2 \times 6H_2O$ که با آب مقطر به حجم ١٠٠ ميلي ليتر رسانيده شد.

محلول بافر: ٣٥ گرم $NaHCO_3$ ، ٤ گرم $(NH_4)HCO_3$ که با آب مقطر به حجم ١ ليتر رسانيده شد .

محلول ريزاسورين: ١٠٠ ميلي گرم ريزاسورين که با آب مقطر به حجم ١٠٠ ميلي ليتر رسانيده شد .

محلول احيا کننده: شامل ٢ ميلي ليتر NaOH يك نرمال ، ٢٨٥ ميلي گرم $Na_2S \times 7H_2O$ و ٤٧/٥ ميلي ليتر آب مقطر بود تهيه شد (اين محلول بايد براي هر نوبت آزمايش بطور تازه تهيه شود) .

پس از آماده سازي محلولها طبق فرمول، بزاق مصنوعي و محلول اصلي بکار رفته در اين آزمايش به نسبت ٢٠ به ١٠ با مايع شکمبه مخلوط گرديد (٢٠ سي سي بزاق مصنوعي و ١٠ سي سي مايع شکمبه) ، اين محلول شامل، ٤٧٤ ميلي ليتر آب مقطر ، ۰/١٢ ميلي ليتر از محلول دوم ، ٢٣٧ ميلي ليتر از محلول بافر ، ٢٣٧ ميلي ليتر از محلول اول و ١/٢٢ ميلي ليتر از محلول ريزاسورين بود (٢١) .

گاز CO_2 از طريق يك لوله به داخل محلولها وارد مي شد خصوصاً در هنگامي که محلول احيا کننده اضافه مي شد اين محلول آبي روشن بتدريج با خروج اکسيژن از آن به يك محلول قرمز تبديل شده و در نهايت بي رنگ مي شود که اين نشانه عدم وجود اکسيژن در آن است . پس از بيرنگ شدن محاول ، سرنگهاي حاوي نمونه خوراکي را که گرم شده اند از سر سرنگ و از طريق لوله پلاستيکي با حجم ٢٠ ميلي ليتر از اين محلول و ١٠ ميلي ليتر مايع شکمبه پر کرده و پس از تنظيم آن روي درجه ٣٠ ميلي ليتر و محکم کردن گيره آن ، سرنگ داخل دستگاه قرار داده شد و موتور گردنده را روشن نموده تا در

سرنگها در دماي ۳۹ درجه و چرخشي معادل ۱ دور در دقيقه در شرايطي مشابه به شرايط شكمبه عمل هضم و توليد گاز انجام شود .

براي حذف خطاي ناشي از گاز توليدي در اثر عمل ميكروارگانيسم ها روي مواد خوراكي موجود در مايع شكمبه بايستي از نمونه هاي بلانك استفاده شود ، بدين صورت كه در هر دوره ٥٦ تايي سرنگهاي مورد استفاده در هر آزمايش، ١٦ عدد سرنگ شاهد (بدون اضافه كردن ماده خوراكي) قرارداده شد ، تا از روي آنها بعداً گاز توليدي سرنگهاي اصلي حاوي نمونه خوراكي تصحيح گردد . براي هر نژاد گاو و در هر روز ، چهار سرنگ بدون ماده غذايي به عنوان شاهد در نظر گرفته شد . ميانگين گاز توليدي در اين سرنگها به عنوان حجم بلانك[1] ناميده مي شود كه براي تصحيح گاز توليدي ساير سرنگها با فرمولهاي زير تصحيح مي گردد :

$V_c(ml/200\ mg\ DM) = 212 * (V_t - V_b) / W (gr)$

(به صورت خوراك مصرفي)

$V_c(ml/200\ mgDM)=200*(V_t-V_b) / W (gr) * 0.94$

(به صورت ماده خشك)

چنانچه بخواهيم خوراك مصرفي را به صورت ماده خشك در بياوريم از ضريب ٠/٩٤ استفاده ميكنيم .

W = وزن ماده خوراكي هر سرنگ (ميلي گرم) ، V_t = حجم گاز توليدي در زمان t

V_b = حجم گاز سرنگ بدون ماده غذايي

V_c = حجم گاز توليدي تصحيح شده

با توجه به فرمولهاي فوق حجم گاز توليدي در هر زمان هم بر مبناي گاز توليدي سرنگ بدون ماده غذايي و هم بر مبناي وزن نمونه خوراك آن تصحيح گرديد (٢١). پس از تصحيح حجم گاز توليدي هر سرنگ ، مقادير تصحيح شده بر حسب زمان آنها گزارش گرديد (٢١) .

پس از پر كردن هر سرنگ با نمونه ماده خوراكي ، شيرابه شكمبه و محلول هاي ساخته شده به آنها اضافه گرديد . به اين ترتيب هر سرنگ حاوي ٢٠ ميلي ليتر محلول ، ١٠ ميلي ليتر مايع شكمبه و حدود ٠/٢١١ تا ٠/٢١٦ گرم ماده خوراكي بود و عدد پيستون هم روي حجم ٣٠ ميلي ليتر قرار داده شد بوده و در حقيقت عدد ٣٠ كه حجم مايعات داخل سرنگ است به منزله ميزان گاز توليدي در زمان صفر (V_0) است. دماي انكوباتور در تمام طول آزمايش ٣٩ درجه سانتيگراد (با دقت ٠/١ ± درجه سانتيگراد) بود. حجم گازتوليدي در زمانهاي، ٢ ساعت (V_2) ، ٤ ساعت (V_4) ، ٦ ساعت (V_6) ، ٨ ساعت (V_8) ، ١٢ ساعت (V_{12}) ، ٢٤ ساعت(V_{24})، ٤٨ ساعت (V_{48})، ٧٢ ساعت(V_{72}) و ٩٦ ساعت(V_{96}) پس از انكوباسيون اندازه‌گيري و ثبت مي‌شد. طرح استفاده شده در اين آزمايش طرح كاملاً تصادفي بود براي رسم نمودارها و تجزيه‌پذيري داده‌ها از نرم افزار Neway و براي تجزيه و تحليل داده‌هاي مربوط به آزمون گاز از نرم افزار Neway و Excel استفاده گرديد. براي مقايسه ميانگينها و مقايسه ضرايب a , b , c و ساير فراسنجه‌ها و محاسبه مقادير انحراف معيار و انحراف اشتباه از آزمون دانكن استفاده شد. براي محاسبه معادلات تابعيت و ضرايب همبستگي و ساير تجزيه داده‌ها از بسته نرم افزاري SAS استفاده گرديد.

نتايج

نتايج حاصل از تجزيه‌پذيري ماده خشك مواد خوراكي و انحراف معيارهاي مربوطه براي هر دو نژاد هلشتاين و سيستاني محاسبه گرديد (جدول ١). هر يك از اين اعداد ميانگين ٦ مشاهده است (٣ راس دام و ٢ تكرار در هر زمان). تجزيه‌پذيري ماده خشك پس از ٩٦ ساعت انكوباسيون براي يونجه، كاه گندم و ذرت سيلو شده به ترتيب ٧١/٥٢، ٥١/٠٢ و ٧٧/٨٩ درصد و در زمان ٤٨ ساعت براي كنسانتره و پنبه دانه به ترتيب ٨٠/٥٩ و ٥٣/٥١ درصد بود. اين داده‌ها به وضوح كاهش قابليت هضم ماده خشك را با افزايش درصد قسمتهاي الياف نشان مي‌دهند. با مقايسه ميانگين‌هاي تجزيه‌پذيري ماده خشك مواد خوراكي براي دو نژاد، با استفاده از آزمون دانكن در سطح ٠/٠٥ تفاوت معني‌داري مشاهده نشد لذا مي‌توان براي مقايسه‌هاي بعدي از داده‌هاي اين دو نژاد معدل گرفت و يك ميانگين كل را از اين داده‌ها براي هر زمان (٦ راس دام و ٢ تكرار در هر زمان) بدست آورد و براي تجزيه‌هاي بعدي و

1 . Blank Value

مقايسات بين اين تجزيه‌پذيري‌ها با آزمون گاز از اين داده‌ها استفاده گرديد.

ميانگين تجزيه‌پذيري پروتئين خام، تجزيه‌پذيري ديواره سلولي و ديواره سلولي منهاي همي سلولز مواد خوراکي مورد آزمايش و انحراف معيارهاي مربوطه نيز تعيين گرديد. در اين سه مورد هم در بين ميانگين نژادها، براي هر زمان و براي هر کدام آزمون دانکن به عمل آمد که در سطح ۰/۰۵ درصد تفاوت معني‌داري را نشان نداد. لذا براي موارد فوق هم از داده‌هاي تمام دامها و تکرارهايشان ميانگين‌گيري شد و انحراف معيارهاي مربوطه نيز محاسبه گرديد که نتايج تجزيه‌پذيري پروتئين خام، تجزيه پذيري ديواره سلولي منهاي همي سلولز و تجزيه پذيري ديواره سلولي در زمانهاي مختلف به همراه انحراف معيارهاي مربوطه به ترتيب در جداول ۲، ۳ و ٤ گزارش گرديده است.

تجزيه پروتئين خام پس از ۹٦ ساعت انکوباسيون براي يونـجه، کاه گندم و ذرت سيلو شده به ترتيب ۸٦/٦۲، ٦۱/۲۹ و ۸۰/۱۱ درصد و در زمان ٤۸ ساعت براي کنسـانتره و پنبه دانه به ترتيب ۹۰/۱۱ و ۸۳/۷۳ درصد بود. تجزيه‌پذيري ديواره سلولي بدون همي سلولز پس از ۹٦ ساعت انکوباسيون براي يونـجه، کاه گندم و ذرت سيلو شده به ترتيب ۵۹/۵۱، ۲۸/۱۵ و ۷۰/۷٤ درصد و در زمان ٤۸ ساعت براي کنسـانتره و پنبه دانه به ترتيب ٦۰/۰۹ و ۵۷/٤۷ درصد بود. تجزيه پذيري ديواره سلولي پس از ۹٦ ساعت انکوباسيون براي يونـجه، کاه گنـدم و ذرت سيلو شده به ترتيب ٦۳/۱٤ ، ۳۳/۰۹ و ۷٤/۳۳ درصد و در زمان ٤۸ ساعت براي کنسـانتره و پنـبه دانه به ترتيب ٦۳/۲۹ و ۵۹/۲۵ درصد بود.

جدول ۱ - ميانگين و انحراف معيار درصد تجزيه پذيري ماده خشك مواد خوراکي مورد آزمايش با روش کيسه هاي نايلوني

خوراکها / ساعات	۰	٤	۸	۱٦	۲٤	٤۸	۷۲	۹٦
يونجه	۳٦/٦۳±۲/۱۱	٤٦/۲٤±۲/۰٤	۵٤/۲۰±۱/۸۷	٦۱/۱۹±۱/۵٦	٦٦/۹۳±۲/۲۳	٦۹/٦۷±۱/٤۹	۷۱/۰۵±۱/٤۹	۷۱/۵۲±۱/۳۳
کاه گندم	۱۰/۵٤±۱/۵۷	۱٤/۸۱±۲/۲۰	۱۹/٦۷±۱/٤۹	۲۸/۳٦±۱/۸۳	۳۳/۵۷±۲/۱٤	٤۵/۰۸±۱/۷۳	٤۸/۱۲±۲/۲٤	۵۱/۰۲±۱/۹٦
ذرت سيلو شده	۳٤/۸۸±۲/۲۹	۳۹/۵۱±۲/۳۱	٤۹/۷۰±۱/۹۱	٦۰/۲۵±۲/۱۱	٦۸/۲٤±۱/۸٤	۷٤/۵۱±۱/۹۵	۷۷/۲۹±۲/۳۰	۷۷/۸۹±۱/۷۳
کنسانتره	٤٤/۳۰±۱/۱۹	٦٤/٤۲±۱/۹۳	۷٤/۵۳±۲/۱۲	۷٦/۰۲±۱/۸۸	۷۹/۸۳±۲/۳۱	۸۰/۵۹±۲/۱٦	-----	-----
تخم پنبه	۳۰/۲۰±۱/۵۲	۳۵/۲۰±۲/۲۱	٤۳/٤۵±۱/۸٤	٤٦/۳۰±۲/٤۲	٤۸/۷۱±۲/۲۹	۵۳/۵۱±۲/۱٦	-----	-----

جدول ۲- ميانگين و انحراف معيار درصد تجزيه پذيري پروتئين خام مواد خوراکي مورد آزمايش با روش کيسه هاي نايلوني

خوراکها / ساعات	۰	٤	۸	۱٦	۲٤	٤۸	۷۲	۹٦
يونجه	٤٤/۱۹±۱/۳۲	٦۰/۲۵±۱/٦۹	۷٦/۱۳±۱/۷٤	۸٤/۹۰±۱/٦۲	۸۵/۳۵±۲/۱۱	۸٦/٤٦±۱/۹۲	۸٦/٦۰±۱/۸٤	۸٦/٦۲±۱/۸۹
کاه گندم	۵/٤۲±۱/۳۹	۱۲/۵٦±۱/۲۵	۱۹/۲۵±۱/۷۳	۳۱/۷٤±۲/۰۲	٤۲/۹۲±۲/۱۱	۵٦/٦۱±۱/۹٤	٦۰/۱٤±۱/۸۸	٦۱/۲۹±۲/۲۱
ذرت سيلو شده	٦۰/٦۷±۱/۹۸	٦٦/۳۲±۲/۲۱	٦۸/۷۸±۲/۲٤	۷۱/٤۱±۲/۰٦	۷٤/۰۲±۲/۱۱	۷۷/۹۹±۲/۳٦	۷۹/۸۵±۲/۲٤	۸۰/۱۱±۲/۳۱
کنسانتره	۵۸/۰۲±۱/۳۹	۷۰/٤۸±۱/۸۷	۷۷/۵۵±۱/۷۹	۸۵/۲۹±۲/۰۲	۸۹/۷٤±۲/۲۵	۹۰/۱۱±۲/۱۸	-----	-----
تخم پنبه	٦۳/۲٦±۱/۱۳	۷۱/٤٤±۱/۵۷	۷٤/٦۵±۲/۰٦	۷۸/٤۵±۲/۲۰	۸۲/۲۳±۲/۱۵	۸۳/۷۳±۱/۸٤	-----	-----

جدول ۳- ميانگين و انحراف معيار درصد تجزيه پذيري ديواره سلولي بدون همي سلولز مواد خوراکي مورد آزمايش با روش کيسه هاي نايلوني

خوراکها / ساعات	۰	٤	۸	۱٦	۲٤	٤۸	۷۲	۹٦
يونجه	۹/۱٦±۱/۲۷	۱۳/۳٤±۱/۲۱	۲۹/۵۹±۱/۳٦	۳٦/۹۸±۱/۹۹	٤۰/٤۹±۱/۸۵	۵٤/٤۵±۱/۹۲	۵۸/٦۹±۱/۸۳	۵۹/۵۱±۲/۲۱
کاه گندم	۰/۱±۰/۰۱۹	۵/۲٦±۱/۳۹	۹/٤۸±۱/۳۱	۱۵/٦۱±۱/۱۱	۲۰/٤۵±۱/٦۲	۲٦/۲٤±۱/۷۹	۲۷/٤۱±۲/۲٤	۲۸/۱۵±۱/۹۲
ذرت سيلو شده	۱۳/۵۰±۱/۱۲	۲۵/۳۳±۱/۷۸	۳٤/۲۲±۱/۸۹	٤۵/۰۸±۱/۵۷	۵۵/۲۵±۱/۷٤	٦۸/۰۵±۲/۳۰	٦۹/۵۵±۲/۲٤	۷۰/۷٤±۲/۰۵
کنسانتره	٤۱/۹۵±۱/۲٦	۵۵/۸۹±۱/٤٤	۵۷/۱۳±۱/۳۹	۵۸/۲۲±۱/۲۵	۵۹/۹۳±۱/۷۲	٦۰/۰۹±۲/۲۱	-----	-----
تخم پنبه	۳٤/۸٤±۱/۰۳	٤۸/۰۸±۱/۳۵	۵۲/۸۳±۱/۷۵	۵۵/۵۳±۱/٤۹	۵٦/۲٤±۱/۷۲	۵۷/٤۷±۱/۹۱	----	-----

جدول ٤- ميانگين و انحراف معيار درصد تجزيه پذيري ديواره سلولي مواد خوراكي مورد آزمايش با روش كيسه هاي نايلوني

خوراكها / ساعات	۰	٤	۸	۱٦	۲٤	٤۸	۷۲	۹٦
يونجه	۱۲/۵۱±۱/۰۵	۲۲/۳۱±۱/٤۷	۲۹/٦۲±۱/۸۳	۳۸/۳۷±۲/۱۵	٤۵/۳٦±۱/٦۵	۵۵/۲۳±۱/٦۱	٦۲/۷۳±۱/۸۵	٦۳/۱٤±۲/۲٤
كاه گندم	۰/۳۵±۰/۱۰۲	۵/٦۸±۱/۵٤	۱۰/۹۸±۱/۳۳	۱۷/۳۵±۱/٦۱	۲۳/۳۹±۱/۰۲	۳۰/٤۲±۱/۱٤	۳۲/۵۷±۱/۷۰	۳۳/۰۹±۱/٤۵
ذرت سيلو شده	۱۳/۲۵±۱/۲۹	۲۷/۵٤±۱/٦۲	۳٦/۱۲±۲/۰۳	٤۸/۱۲±۱/۷٤	۵۸/٦۵±۲/۱۳	۷۱/۹٦±۲/٦۲	۷۳/۲۱±۲/۲٦	۷٤/۳۳±۲/٤٦
كنسانتره	٤۳/۱۲±۱/۱۹	۵٤/۱۳±۱/۳۸	۵۸/٤۲±۲/۱۲	٦۰/۳۳±۲/۳۲	٦۱/۱۳±۲/٤۹	٦۳/۲۹±۲/۲۱	-----	-----
تخم پنبه	٤۳/۱٤±۰/۹۱	٤۷/۳۵±۱/۸۵	۵۱/۱۱±۱/۹٦	۵٦/٤۷±۲/٤٤	۵۸/۳۳±۲/۳۹	۵۹/۲۵±۲/٤۱	-----	-----

فراسنجه‌هاي تجزيه‌پذيري مواد خوراكي با استفاده از معادله $P = a + b (1 - e^{-ct})$ تعيين گرديد كه مقادير آن براي ماده خشك، پروتئين خام، ديواره سلولي بدون همي سلولز و ديـواره سلولي براي تمام خوراك‌هاي مورد آزمايـش در جداول ۵، ٦ ، ۷ و ۸ گزارش گرديده است. در اين معادله a بخش محلول در زمان صفر، b بخش بالقوه قابل تجزيه و c نرخ ثابت تجزيه پذيري در طول زمان مي‌باشد (۲۳) .

كه در اين معادله P تجزيه پذيري بـوده و اين فراسـنجه‌ها با استفاده از برنامه ناوي[1] محاسـبه گرديده است. تجزيه‌پذيري مؤثر مواد خوراكـي با توجه به اينكه دامها در سطح نگهداري تغـذيه شده بودند بر اساس (k=۰/۰۲) ميزان عبور مواد از شكمـبه از فرمول زير محاسـبه شـده بودند.

$P = a + [bc / (c+r)] [1 - e^{-(c+r)t}]$

1 . Neway

ميزان گاز توليدي خوراكهاي مختلف در زمانهاي مختلف انكوباسيون، بصورت تصحيح شده، بر اساس نمونه‌هاي شاهد و وزن ماده خوراكي موجود در سرنگها طبق فرمولهاي تصحيح (۲۱, ۲٤) در جدول ۹ گزارش گرديده است. ميزان گاز توليدي در ۲٤ پس از انكوباسيون براي يونجه، كاه گندم، ذرت سيلو شده، كنسانتره و پنبه دانه به ترتيب ٤۳/۵، ۲۵/۵۰، ٦۲/۵۰، ۷۳/۵۰ و ٤۹ ميلي‌ليتر بود. از مقايسه اين جدول با جداول تجزيه‌پذيري ماده خشك بوضوح مشهود است كه ميزان گاز توليدي با افزايش ضريب تجزيه‌پذيري ماده خشك افزايش مي‌يابد. ضرايب همبستگي بين گاز توليدي با ماده خشك تجزيه شده، گاز توليدي با پروتئين خام تجزيه شده، گاز توليدي با ديواره سلولي بدون همي سلولز تجزيه شده و گاز توليدي با ديواره سلولي تجزيه شده براي خوراكهاي مختلف محاسبه گرديد كه نتايج آن در جدول ۱۰ خلاصه گرديده است.

جدول ۵ - فراسنجه‌هاي تجزيه پذيري ماده خشك خوراكهاي آزمايشي

خوراك	*a*	*b*	*a + b*	*c*	*RSD*	*L*	*P (K = 0.02)*	*P (K = 0.05)*
يونجه	۳٦/٦۳	۳٤/٤۳	۷۱/۰٦	۰/۰۸۳	۰/۷۷	-۰/۱۰	٦٤/٤۰	۵۸/۲۰
كاه گندم	۱۰/۵٤	٤۱/٤۲	۵۱/۹٦	۰/۰۳۷	۰/۵۹	۱/۱۰	۳٦/۷۰	۲۷/۱۰
ذرت سيلو شده	۳۳/۱۳	٤٤/۹۷	۵۵/۵۱	۰/۰۵۷	۱/٦۷	-----	٦٦/٤۳	۵۷/۱۰
كنسانتره	۳۹/۲۸	۳۹/٦٤	۷۸/۹۲	۰/۲۵۰	۱/۸۷	-----	۷٦/۰۳	۷۲/٤۱
پنبه دانه	۲۷/٦۱	۲٤/٤٤	۵۲/۰۵	۰/۱۱۰	۱/۷۹	-----	٤۸/۱٦	٤٤/۲۰

جدول ٦ - فراسنجه‌هاي تجزيه پذيري پروتئين خام خوراكهاي آزمايشي :

خوراك	*a*	*b*	*a + b*	*c*	*RSD*	*L*	*P (K = 0.02)*	*P (K = 0.05)*
يونجه	٤٤/۱۹	٤۲/۱۷	۸٦/۸۳	۰/۲۳۳	۰/٤۳	۱/۹۰	۸۱/۵۰	۷۵/۷۰
كاه گندم	۵/٤۲	۵۷/۲۰	٦۲/٦۲	۰/۰٤۵	۱/۱٤	۱/۵۰	٤٤/۰۰	۳۰/۷۰
ذرت سيلو شده	٦٤/۱٤	۱٦/۵۸	۸۰/۷۲	۰/۰۳۸	۰/۲٦	-----	۷٤/۹۷	۷۱/۲۷
كنسانتره	۵۸/۲۷	۳۲/۵۰	۹۰/۷۷	۰/۱۱٦	۰/۸۸	-----	۸۵/۹۷	۸۰/۹۵
پنبه دانه	٦٦/۸۲	۱۷/٦٦	۸٤/٤۸	۰/۰۷٤	۰/۷۱	-----	۸۰/۷۱	۷۷/۳٤

جدول ۷- فراسنجه‌هاي تجزيه‌پذيري ديواره سلولي منهاي همي سلولز خوراکهاي آزمايشي

خوراك	a	b	a + b	c	RSD	L	P (K = 0.02)	P (K = 0.05)
يونجه	۹/۱٦	٥۱/۲٥	٦۰/٤۱	۰/۰٤۳	۱/٤۹	۰/٥۰	٤٤ /٥۰	۳۳/٥۰
کاه گندم	۰/۱۰	۲۸/۱۹	۲۸/۲۹	۰/۰٥۳	۰/۲۸	۰/۳۰	۲۰/٤۰	۱٤/٤۰
ذرت سيلو شده	۱٤/٦٦	٥٦/۸۷	۷۱/٥۳	۰/۰٥۱	۱/۰۸	-----	٥٥/٥٦	٤۳/٤٤
کنسانتره	٥٤/۱۷	٦/۲۰	٦۰/۳۷	۰/۰۷۹	۰/٤٦	-----	٥۹/۱۳	٥۷/۹۸
پنبه دانه	۳۹/۹٥	۱۷/۰٤	٥٦/۹۹	۰/۱٦٦	۰/٥۷	-----	٥٥/۱٦	٥۳/۰٥

جدول ۸- فراسنجه‌هاي تجزيه‌پذيري ديواره سلولي خوراکهاي آزمايشي

خوراك	a	b	a + b	c	RSD	L	P (K = 0.02)	P (K = 0.05)
يونجه	۱۱/۸۹	۳۸/۲٦	٥۰/۱٥	۰/۱۰۳	۱/٤۳	۰/٦۰	٤۳/٥۰	۳٦/۸۰
کاه گندم	۰/۳٥	۳۳/۲۳	۳۳/٥۸	۰/۰٤۸	۰/٤۳	۰/۲۰	۲۳/۷۰	۱٦/٥۰
ذرت سيلو شده	۱٥/۹۹	٥۹/۲٥	۷٥/۲٤	۰/۰٥۲	۱/۱٦	-----	٥۸/۷۷	٤٦/۱۹
کنسانتره	٥۰/۰۱	۱۲/۷۹	٦۲/۸۰	۰/۱۱۰	۱/۰۰	-----	٦۰/۸٤	٥۸/۸۱
پنبه دانه	٤۰/۳۳	۱۹/۲۱	٥۹/٥٤	۰/۱۱۰	۰/٤۳	-----	٥٦/٥۷	٥۳/٥۲

جدول ۹- ميزان گاز توليدي(تصحيح شده) خوراکهاي مورد آزمايش در ساعات مختلف انکوباسيون بر حسب ميلي ليتر به ازاي ۰/۲ ميلي گرم ماده خشك نمونه خوراك

خوراك	ساعات	۰	۲	٤	٦	۸	۱۲	۲٤	٤۸	۷۲	۹٦
يونجه		۰	۸	۱۷	۲۳	۳۰	۳٥	٤۳/٥	٤۷	٥۰	٥۱
کاه گندم		۰	۳/٥	٥	٦	۷/٥	۱۳/٥	۲٥/٥	۳۷	٤۲/٥	٤٥
ذرت سيلو شده		۰	۱۲	۲۱	۲۷	۳۲	٤٥	٦۲/٥	۷۰	۷٤	۷٥/٥
کنسانتره		۰	۱٥	۳۱	٤۱	٤۷	٥٦/٥	۷۳/٥	۸۱	----	----
پنبه دانه		۰	۱۰	۱۸	۲٤/٥	۲۸/٥	۳٥	٤۹	٥۸/٥	----	----

جدول ۱۰- همبستگي بين گاز توليدي و تجزيه پذيري‌هاي مورد آزمايش براي مواد خوراکي

خوراك	ماده خشك	پروتين خام	ديواره سلولي بدون همي سلولز	ديواره سلولي
يونجه	۰/۹۹٥	۰/۹٦۷	۰/۹٦۰	۰/۹٦۱
کاه گندم	۰/۹۸۹	۰/۹۸۸	۰/۹۷۳	۰/۹۸۰
ذرت سيلو شده	۰/۹۹۰	۰/۹۹۰	۰/۹۹۳	۰/۹۹٥
کنسانتره	۰/۹٦۲	۰/۹۸۹	۰/۹۱٤	۰/۹٦۷
پنبه دانه	۰/۹۹۲	۰/۹۷٦	۰/۸۹۷	۰/۹۸٤

بحث

بالاتر بودن همبستگي بين گاز توليدي با تجزيه پذيري ماده خشك و تجزيه‌پذيري پروتئين خام نسبت به ساير موارد تجزيه‌پذيري در اين پژوهش و نتايج ساير تحقيق‌ها هم خواني دارد. با توجه به همبستگي بالاي گاز توليدي حاصل از تخمير مواد خوراکي در آزمايشگاه با تجزيه پذيري ماده خشك، تجزيه پذيري پروتئين خام، تجزيه پذيري ديواره سلولي منهاي همي سلولز و تجزيه پذيري ديواره سلولي، روش آزمون توليد گاز مي‌تواند جايگزين مناسبي بر روش کيسه‌هاي نايلوني باشد (۸). با توجه به بالا بودن ضرايب همبستگي، مقايسه بين روش

كيسه‌هاي نايلوني و آزمون گاز عملي و منطقي به نظر مي‌رسد كه جهت اين مقايسه و بدست آوردن معادلات رگرسيوني بين موارد فوق، جهت برآورد ميزان تجزيه‌پذيري هر فراسنجه در زمان t از روي ميزان گاز توليدي آن بدون انجام آزمايشات هضمي، معادلات رگرسيوني بين گاز توليدي هر خوراك با ماده خشك تجزيه شده، پروتئين خام تجزيه شده و ديواره سلولي منهاي همي سلولز تجزيه شده و ديواره سلولي تجزيه شده محاسبه گرديد كه نتايج آن در جداول ۱۱ الي ۱۵ خلاصه شده است.

جدول ۱۱- معادلات خط تابعيت و ضرايب تعيين مربوط به هر فراسنجه (Y) با گاز توليدي (X) براي يونجه

ضريب تعيين	معادله خط رگرسيون	فراسنجه
0.99	Y = 35.724 + 0.714 x	ماده خشك تجزيه شده
0.94	Y = 47.136 + 0.854 x	پروتئين خام تجزيه شده
0.92	Y = 2.065 + 1.045 x	ديواره سلولي بدون همي سلولزتجزيه شده
0.98	Y = 6.767 + 1.006 x	ديواره سلولي تجزيه شده

جدول شماره ۱۲- معادلات خط تابعيت و ضرايب تعيين مربوط به هر فراسنجه (Y) با گاز توليدي (X) براي كاه گندم

ضريب تعيين	معادله خط رگرسيون	فراسنجه
0.98	Y = 12.323 + 0.870 x	ماده خشك تجزيه شده
0.98	Y = 9.156 + 1.231 x	پروتئين خام تجزيه شده
0.95	Y = 3.706 + 0.586 x	ديواره سلولي بدون همي سلولزتجزيه شده
0.96	Y = 3.961 + 0.694 x	ديواره سلولي تجزيه

جدول شماره ۱۳- معادلات خط تابعيت و ضرايب تعيين مربوط به هر فراسنجه(Y) با گاز توليدي (X) براي ذرت سيلو شده

ضريب تعيين	معادله خط رگرسيون	فراسنجه
0.98	Y = 31.218 + 0.615 x	ماده خشك تجزيه شده
0.98	Y = 60.653 +0.247 x	پروتئين خام تجزيه شده
0.99	Y = 10.678 +0.780 x	ديواره سلولي بدون همي سلولزتجزيه شده
0.99	Y = 11.147 + 0.826 x	ديواره سلولي تجزيه شده

جدول شماره۱٤- معادلات خط تابعيت و ضرايب تعيين مربوط به هر فراسنجه(Y) با گاز توليدي (X) براي كنسانتره

ضريب تعيين	معادله خط رگرسيون	فراسنجه
0.93	Y = 48.351 + 0.448 x	ماده خشك تجزيه شده
0.98	Y = 58.329 +0.419 x	پروتئين خام تجزيه شده
0.84	Y = 45.370 +0.211 x	ديواره سلولي بدون همي سلولزتجزيه شده
0.94	Y = 45.201 + 0.240 x	ديواره سلولي تجزيه شده

جدول شماره۱۵- معادلات خط تابعيت و ضرايب تعيين مربوط به هر فراسـنجه(Y) با گاز توليدي (X) براي پنبه دانه

ضريب تعيين	معادله خط رگرسيون	فراسنجه
0.98	Y = 31.158 + 0.381 x	ماده خشك تجزيه شده
0.95	Y = 65.544 +0.327 x	پروتئين خام تجزيه شده
0.80	Y = 40.451 +0.337 x	ديواره سلولي بدون همي سلولزتجزيه شده
0.97	Y = 43.912 + 0.282 x	ديواره سلولي تجزيه شده

در برآورد تجزيه‌پذيري در هر دو تكنيك آزمون توليد گاز به روش Hohenheimer و روش كيسه‌هاي نايلوني از معادله $P=a+b(1-e^{-ct})$ به عنوان مدل استفاده شده است (۸). هر چه ميزان r يا سرعت عبور مواد از شكمبه افزايش مي‌يابد، ميزان تجزيه‌پذيري موثر ماده خشك مواد خوراكي كاهش مي‌يابد و همانطوري كه مي‌دانيم r يا سرعت خروجي مواد از شكمبه تحت تاثير سطح غذاي مصرفي مي‌باشد. ميزان r براي مصرف خوراك در حد نياز نگهداري برابر ۰/۰۲ و در حد دو برابر نياز نگهداري ۰/۰۵ و اگر غذاي مصرفي به ميزان بيشتر از دو برابر غذاي مصرفي در حد نياز نگهداري باشد، سرعت خروجي مواد از شكمبه برابر ۰/۰۸ خواهد بود كه در اين پژوهش سطح نياز نگهداري و دو برابر آن محاسبه و با هم مقايسه گرديده‌اند و بالاتر بودن تجزيه‌پذيري موثر در تمامي موارد كاملاً منطقي به نظر مي‌رسد (۱۸، ۲۵, ۲۷). در مورد خوراكهاي با پروتئين بالا نمي‌توان از روش توليد گاز به راحتي و با صحت استفاده نمود چراكه گاز توليدي كه بصورت آمونياك است با CO_2 موجود در

محيط ترکيب شده و توليد بي‌کربنات آمونيوم محلول در آب را مي‌کند و گاز بصورت محلول در مايع در مي‌آيد و تاثيري روي ميزان گاز توليدي در سرنگ نمي‌گذارد که البته براي رفع اين مشکل تصحيحاتي پيشنهاد گرديده است، صحت موضوع فوق با آزمايش روي آرد ماهي به اثبات رسيد (۱۰, ۱٤) . هر منحني توليد گاز از نظر نوع ماده تخمير شونده شامل دو مرحله است که مرحله اول مربوط به تخمير مواد يا قسمت محلول در آب و مرحله دوم مربوط به تخمير بخش نامحلول در آب است. در حالي که در روش کيسه‌هاي نايلوني بخش محلول در آب فقط از روي ناپديد شدن مواد از کيسه بوسيله شستشو آن هم با خطاي بالا برآورد مي‌شود اين در حالي است که اين روش، در ارتباط با روند تجزيه و تخمير بخش محلول در آب هم اطلاعاتي نمي‌دهد (۱۲, ۱۳). منحني توليد گاز و ناپديد شدن ماده خشك در کيسه‌هاي نايلوني S شکل است و داراي سه گامه مي‌باشد: گامه اول يا گامه بطئي توليد گاز که شامل خيس خوردن مواد غذايي و چسبيدن ميکروبها مي‌باشد و گامه دوم بصورت نمايي و بيانگر هضم آنزيمي است و گامه سوم که در آن سرعت توليد گاز کاهش يافته و سرانجام به صفر مي‌رسد و منحني به خط افقي تبديل مي‌شود در اين پژوهش هم کليه منحنيهاي توليد گاز و تجزيه‌پذيري از الگوي فوق پيروي مي‌کرد بجز اين که در اواخر زمان نهايي انکوباسيون هم قدري توليد گاز وجود داشت که دليل آن اين است که با گذشت زمان انکوباسيون ميکروبها مي‌ميرند و خود به سوبستراي اضافي براي بقيه ميکروبها تبديل مي‌شوند، اين توجيهي براي آن مقدار جزئي گاز توليدي در زمانهاي نهايي انکوباسيون است (۱۲, ۱۳). به هر صورت نرخ گاز توليدي نسبت به مواد آلي تخمير شده با طول زمان تخمير متفاوت است. در زمانهاي طولاني‌تر انکوباسيون ماده آلي کمتري براي توليد حجم مساوي گاز نسبت به زمان‌هاي کوتاهتر انکوباسيون لازم است. کل گاز توليدي صرف نظر از مدت انکوباسيون بوسيله اندازه‌گيري مقادير اسيدهاي چرب آزاد توليد شده قابل پيش بيني است (۸، ۹). از کل گاز توليدي حدود ۵۰ درصد آن CO_2 و CH_4 ناشي از تخمير مستقيم است که با روشهاي استوکيومتري قابل محاسبه است و الباقي آن ناشي از آزاد شدن گاز CO_2 از بافر است. يك ارجحيت ديگر روش آزمون توليد گاز به روش کيسه‌هاي نايلوني اين است که فقط با انجام يك دوره انکوباسيون هم قابليت هضم حقيقي و هم قابليت هضم ظاهري قابل برآورد مي‌باشد. اين روش ممکن است قابليت هضم ظاهري را بيش از مقدار واقعي برآورد کند که اين ايراد ناشي از تخمير ثانويه جسد ميکروارگانيسمهاي شکمبه است. بنابراين بهتر است که براي برآورد قابليت هضم از زمانهاي کوتاهتر انکوباسيون استفاده شود که در اين مورد ساعت ۲٤ انکوباسيون کمترين خطا را دارد (۸، ۱۲). به هر حال با وجود اين که روش توليد گاز نتوانسته است ايراد اصلي روش کيسه‌هاي نايلوني که همانا در نظر نگرفتن زمان عبور است را حل کند ولي با توجه به ساده‌تر بودن، کم هزينه‌تر بودن، داشتن تکرارهاي بيشتر، همبستگي بالا با روشهاي ديگر از جمله روش کيسه‌هاي نايلوني، يکنواختي سرنگها (سرنگ خوانده شده در زمان$t+1$ همان سرنگ خوانده شده در زمان t است ولي در روش کيسه‌هاي نايلوني ثبت اطلاعات هر مشاهده منجر به حذف آن مي‌گردد)، نداشتن عيوب روش قبلي مثل عدم يکنواختي کيسه‌ها و همچنين به هم خوردن شکل و اندازه منافذ کيسه‌ها و گرفتگي آنها و غيره روش آزمون گاز پيشنهاد مي‌گردد و مي‌توان از داده‌هاي آن با صحت بالايي براي برآورد ارزش غذايي مواد خوراکي استفاده کرد. با استفاده از فرمولهاي تصحيح و فرمولهاي مشابه ديگر در اين روش مي‌توان با استفاده از اطلاعات مواردي چون، پروتئين خام، الياف خام، ديواره سلولي، چربي خام، ديواره سلولي بدون همي سلولز و گاز توليدي، ميزان انرژي قابل متابوليسم را با صحت بالايي محاسبه کرد که خود از مزاياي اصلي اين روش مي‌باشد (۱۵، ۱٦, ۲۱). همبستگي پايين بين گاز توليدي کنسانتره و الياف آن احتمالاً به علت قابليت تخمير بالاي کنسانتره و توليد پروپيونات و توليد گاز کمتر است و مواد سريع التخمير که باعث توليد پروپيونات بيشتر مي‌شوند به ازا هر واحد VFA توليدي، گاز کمتري توليد مي‌کنند (۲۰). علت عدم همبستگي بين فراسنجه‌هاي توليد گاز و کيسه‌هاي نايلوني همانا اين است که در فن توليد گاز ميزان توده ميکروبي از ۲٤ تا ٤۸ ساعت انکوباسيون کاهش مي‌يابد اگر اين کاهش بواسطه مردن و متلاشي شدن ميکروبها باشد قسمتي از اجساد ميکروبها

ممكن است در تخميرهاي بعد به اسيد چرب فرار و گاز تبديل شوند كه اين امر منجر به برآورد بيشتر قابليت هضم مي‌شود و ممكن است روي حجم گاز توليدي و ميزان سرعت تخمير كه از روي گاز توليدي محاسبه مي‌شود اثر بگذارد (۱۵, ۱٦). در سيستم توليد گاز فرض بر اين است كه نرخ و ميزان توليد گاز بوسيله خصوصيات خوراكها محدود مي‌گردد كه البته بايد توجه شود زماني كه تفاوت در فعاليت ميكروارگانيسمها مطرح باشد اين فرض رد مي‌شود چرا كه در اين حالت كربوهيدراتهاي تجزيه شده بايستي بجاي توليد گاز صرف رشد باكتريها شوند (۲۵) آزمايشات متعددي نشان داده است كه افزايش غلظت مايع شكمبه روي تخمير بخش محلول اثر زيادي دارد. چنانچه بخواهيم تخمير بخش نامحلول در آب را هم افزايش دهيم، غلظتهاي بالاتري از مايع شكمبه در انكوباسيون مورد نياز است چرا كه افزايش غلظت مايع شكمبه باعث افزايش غلظت ميكروارگانيسمها و آنزيمهاي آنها گرديده و همچنين اين افزايش غلظت باعث آسانتر چسبيدن ميكروارگانيسمها به ذرات مواد خوراكي مي‌شود اما به هر حال اين افزايش غلظت مايع شكمبه اثر معني‌داري روي نرخ تخمير نداشت كه با نتايج ديگران مطابقت دارد (۲۵). در نتايج پژوهش حاضر, با توجه به بررسي منابع انجام شده، نكات زير قابل تعمق مي‌باشند:

۱ ـ همانطوريكه ديده مي‌شود در ساعات اوليه تخمير، توليد گاز از خوراكهاي مختلف خيلي متفاوت است كه به دليل مرحله تاخير (Lag phase) مي‌باشد.

۲ ـ قابليت هضم ظاهري با روش توليد گاز در ساعات انتهايي به دليل تخمير لاشه ميكروبها قابليت هضم را بيشتر برآورد مي‌كند پس بهتر است از زمانهاي كوتاه‌تر تخمير استفاده شود (۸).

۳ ـ براي تعين قابليت هضم حقيقي بايستي روابط توليد گاز با ماده آلي ناپديد شده را بدست آورد كه تفاوت اين دو و قابليت هضم بيانگر تخميني از محصول ميكروبي است (۱۱).

٤ـ نسبت تفكيك مقدار سوبستراي تجزيه شده به محصولات تخمير متناسب با نوع سوبسترا است. خوراكهاي حاوي نسبت‌هاي بالاي كربوهيدرات قابل تخمير (مثل علوفه ذرت سيلو شده) تمايل به توليد گاز بيشتري دارند ولي پودر ماهـي تمـايل دارد مسـتقيماً به توده ميكـروبي وارد شود و اندازه‌گيري توام گاز و كل VFA براي پيش‌بيني سوبسـتراي لازم براي توليـد ميكروبي لازم است (۹, ۲۵).

۵ ـ چون پروفايل گاز توليدي شامل سه مرحله است مرحله اول تخمير بخش محلول، مرحله دوم تخمير بخش نامحلول و مرحله سوم روگشت ميكروبها. بايد قبل از تمام شدن سوبسترا از انكوباسيون طولاني اجتناب كرد چرا كه متلاشي شدن ميكروبها توليد گاز كرده و تفسير داده را مشكل مي‌سازد (۱۲، ۱۷, ۲٦).

٦ـ تصحيح بلانك بر اساس وجود ماده غذايي در مايع شكمبه است ولي ممكن است ناشي از روگشت ميكروبها باشد كه اين امر با اندازه گيري غلظت پروتئين ميكروبي اندازه‌گيري مي‌شود كه اول بالا مي‌رود و بعد كم مي‌شود كه ناشي از روگشت آنها است كه در ساعات اوليه انكوباسيون مهم است (۲٦, ۲۱).

سپاسگزاري

بدينوسيله ازحوزه معاونت پژوهشي و برنامه ريزي دانشكده كشاورزي و دانشگاه تهران و همچنين مؤسسه تحقيقات علوم دامي كشور كه قسمتي از اعتبارات اين پژوهش را تامين كرده‌اند تشكر مي‌گردد.

منابع مورد استفاده REFERENCES

۱. تقي زاده ، ا . نيكخواه ، ع .و ح ، فضايلي. ۱۳۷۸ . تعيين گوارش پذيري و ويژگيهاي تجزيه پذيري برخي مواد خوراكي به روشهاي in situ ، in vivo و in vitro . مجله دانش كشاورزي. شماره ۳. جلد ۹، ۳۱- ۱۷.

۲. حسين خاني، ع. ۱۳۷۷. بررسي قابليت هضم بعضي از مواد خوراكي به روشهاي in vivo و in vitro و خصوصيات تجزيه پذيري به روش in situ . پايان نامه كارشناسي ارشد ، دانشكده كشاورزي ، دانشگاه تهران .

۳. شورنگ ،پ . ۱۳۷۹. تعيين ارزش غذايي بعضي از مواد خوراكي با استفاده از روشهاي حيواني (in vivo)، آزمايشگاهي (in vitro)، كيسه نايلوني (in situ) و شكمبه آزمايشگاهي (in vitro- in situ). پايان نامه كارشناسي ارشد، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تهران.

٤. قورچي، ت. ۱۳۷۷ . مقدمه‌اي بر جیره نویسي مرتع. مرکز تحقیقات منابع طبیعي و امور دام استان اصفهان.
٥. مهدوي جورشري، م. ۱۳۷۷. تعیین و بررسي قابلیت هضم و تجزیه پذیري برخي از مواد خشبي استان گیلان با دو روش in vitro و in sacco . پایان نامه کارشناسي ارشد دامپروري، دانشکده کشاورزي، دانشگاه تربیت مدرس.
6. ARC Technical Review. 1984. Interdepartmental protein working party, Estimation of protein degradation. A standard method for in situ measurements of nitrogen disappearance from dacron bags suspended in the rumen.
7. Association of official analytical chemist (A.O.A.C.). 1990. 13 th edition. publ by A.O.A.C , P.O Box 540 , Washington D.C .
8. Blummel, M. & E. R. Orskov . 1993 . Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Anim.Feed Sci.Technol . 40: 109 – 119.
9. Blummel, M. & P. Bullerdieck.1997. The need to complement in vitro gas production measurements with residue determination from in sacco degradability to improve the prediction of voluntary intake of hays . Animal Science. 64: 71 – 75.
10. Cone , J, W. & H. A. Van Gelder. 1999. Influence of protein fermentation on gas production profiles . Anim.Feed Sci.Technol . 76: 251 – 264.
11. Cone , J.W., A.H.Van gelder , E.T.Weerman, & A.M.Van Vuren .1994b. In vitro estimation of rumen fermentable organic matter with rumen fluid and a cell free preparation of rumen fluid . J.Agri Sci . 42: 343 – 356.
12. Cone,J.W., A.H. Van Gelder ,G.T.W.Visscher, & L.Oushoorn .1996. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with fully automated time related gas production appartus . Anim.Feed Sci.Technol . 61: 113 – 128 .
13. Cone . J.W., H.A. Van Gelder & F. Driehuis. 1997. Description of gas production profiles with a three phasic model . Anim.Feed Sci.Technol. 66: 31-45.
14. Datt, C. & G. P. singh. 1995 . Effect of protein supplementation on in vitro digestibility and gas production of wheat straw . Indian J.Dairy Sci . 48: 357 – 361.
15. Dhanoa.M.S,S.Lopez,J.Dijkstra,D.R.Davies,R.Sanderson,B.A.Williams,Z.Sileshi & J.France. 2000. Estimating the Extend of degradation of ruminant feed from a descriptiom of their gas production profile observed in vitro : comparision of models . Btithish.J.Nutr . 83 : 131 – 142 .
16. France.J .,J.Dijkstra., M.S.Dhanoa ., S.Lopez and A.Bannik . 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: Derivation of models and other mathematical considerations . Btithish.J.Nutr . 83: 143 – 150.
17. Groot , J.C.J ., J.W.Cone ,B.A.Williams,F.M.A.debersaques, & E.A. Lantiga . 1996 . Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feeds . Anim.Feed Sci.Technol . 64: 77 – 89 .
18. Huhtanen,P.S. Jaakkola, and U. Kukkonen. 1995 . Ruminal plant cell wall digestibility estimated from digestion and passage kinetics utilizing mathematical models . Animal Feed Science and Technology . 52 : 159 – 173 .
19. Lindberg, J. E. 1985a. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique a various in vitro methods: a review. Acta Agriculture of Scotland Supplement . 25 : 64 – 96 .
20. Menke , K. H. & H. steingass . 1987 . Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid . Animal Research and Development. 28 : 7 – 12 .
21. Menke .Karl . Heinz, & Herbert Steingass . 1988 . Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid . Animal Research and Development . 28: 7 – 55.

22. Menke, K.H., L. Rabb, A. Saleweski, H. Steingass, D. Fritz, & W. Schinder. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro . J.Agri Sci (Cambridge) 93: 217 – 222 .
23. Orskov, E. R. & I. McDonald . 1979 . The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurments weighted according to rate of passage . Journal of Agriculture scince (Cambrige) 92 : 499 – 503 .
24. Prasad, C. S., C. D. Wood, & K. T. Sampath .1994.Use of in vitro gas production to evaluate rumen fermentation of untreated and urea treated finger millet straw (*Eleusine coracana*) supplimented with different level of concentrate . Journal of Science of Food Agriculture . 65: 457 – 464.
25. Rymer, C., J. A. huntington, & D. I. Givens. 1999. Effects of inoculum preparation method and concentration , method of inoculation and pre- soaking the substrate on gas production profile of high temprature dries grass . Anim.Feed Sci.Technol . 78 : 199 – 213 .
26. Stefanon ,B., A. N. Pell & P. Schofield . 1996 . Effect of maturity on digestion kinetics of water soluble and water insoluble fraction of alfalfa and brome hay . J.Anim Sci . 74: 1104 – 1125.
27. Wilman.D., G. R. Foulkes, & D. L. Givens.1996 . A comparison of four methods of estimating the rate and extent of cell wall degradation in grass silage . Anim.Feed Sci.Technol . 63: 99 – 109.