بهره برداری از مواد زائد کشاورزی بمنظور تولید انرژی ، کود و کنترل آلودگی [1]

مرتضی الماسی (۲)

در آزمایشات متعددی که بر روی تخمیر موادزائد کشاورزی بمنظور تولید انرژی کاهش آلودگی و حفظ مواد کودی بعمل آمد از هر کیلوگرم ماده جامد قابل تجزیه در حرارتهای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد پس از ۳۰ روز بین ۰/۴ تا ۰/۶ مترمکعب گاز باترکیب حدود ۶۰ درصد متان و ۴۰ درصد گازکربنیک حاصل گردید .

همچنین دراین آزمایشات بانگهداری‌مستمر مواد زائد دامپروریها در مخازن بمدت ۳۵ روز ، چنین نتیجه شد که بین ۷۰ تا ۸۰ درصد کاهش نیاز اکسیژن بیولوژیکی و شیمیائی پدیدار شده و فعل و انفعالات تخمیری دارای حالت‌گرمازائی‌میباشند . دراین‌تحقیق بمنظوراندازه‌گیری گاز تولید شده دستگاهی طرح و ساخته شد که قادر است حداقل تا ۱۰۰ میلی‌لیتر حجم گاز را اندازه گیری و ثبت نماید . همچنین روشی بمنظور تجزیه و اندازه‌گیری درصد کل کربن مواد ابداع و مورد آزمایش و بهره برداری قرار گرفت .

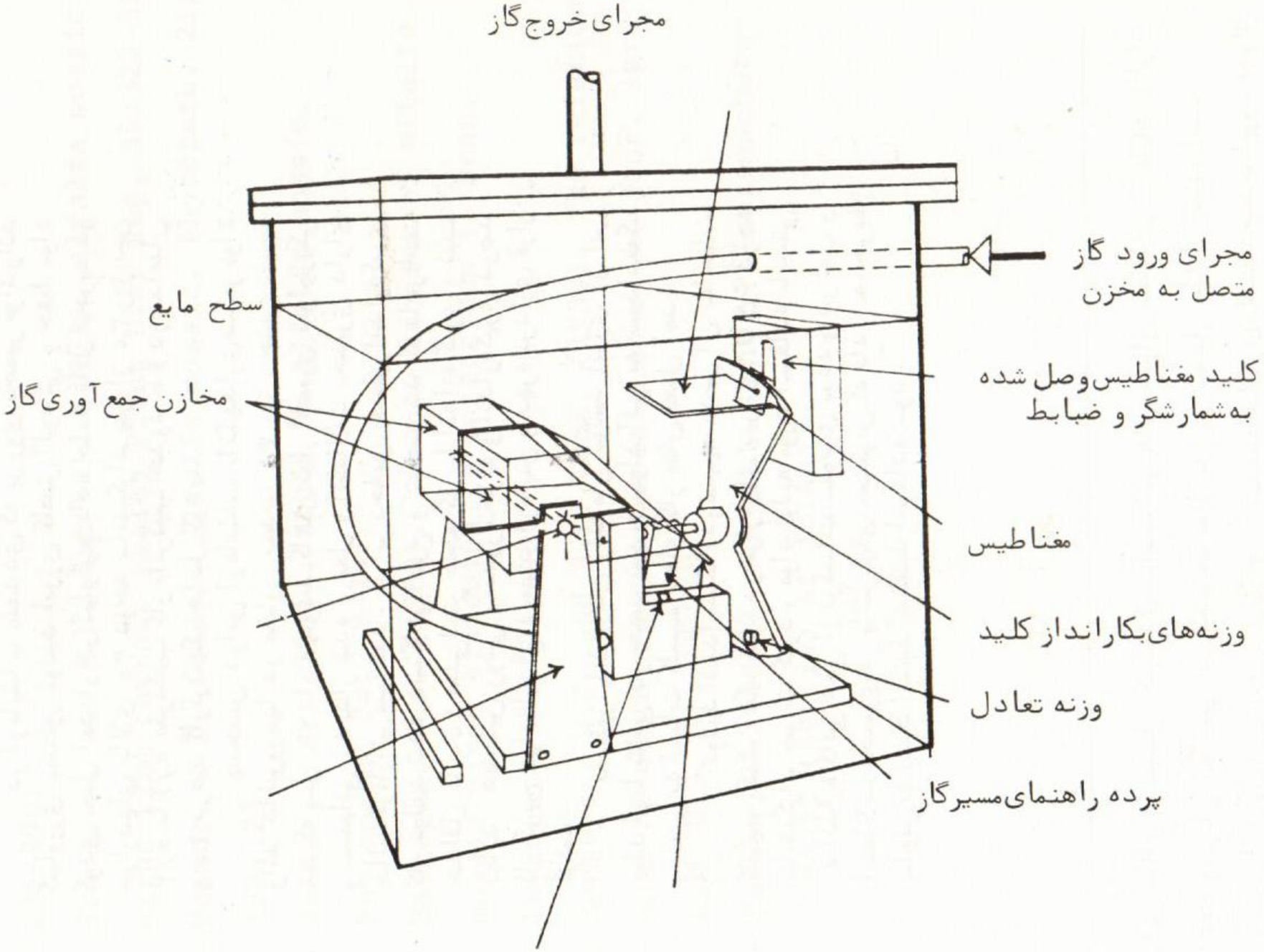
بمنظور بالا بردن راندمان تولید انرژی از این مواد آزمایشاتی در جهت تبدیل مواد آلی به‌اسیداستیک و سپس به استات کلسیم بجای گاز متان بعمل آمد :

"تولید اسیداستیک ودرنتیجه‌تبدیل آن به‌استات کلسیم بکمک آهک باید درحرارتهای بین ۴۵ تا ۶۵ درجه سانتیگراد صورت گیرد . مواد اولیه مورد استفاده بایستی به اندازه کافی غنی از ترکیبات سلولزی بوده و در فعل و انفعالات تخمیری از باکتریهای مخصوص که قادر به تجزیه سلولز به اسید استیک هستند استفاده شود . "

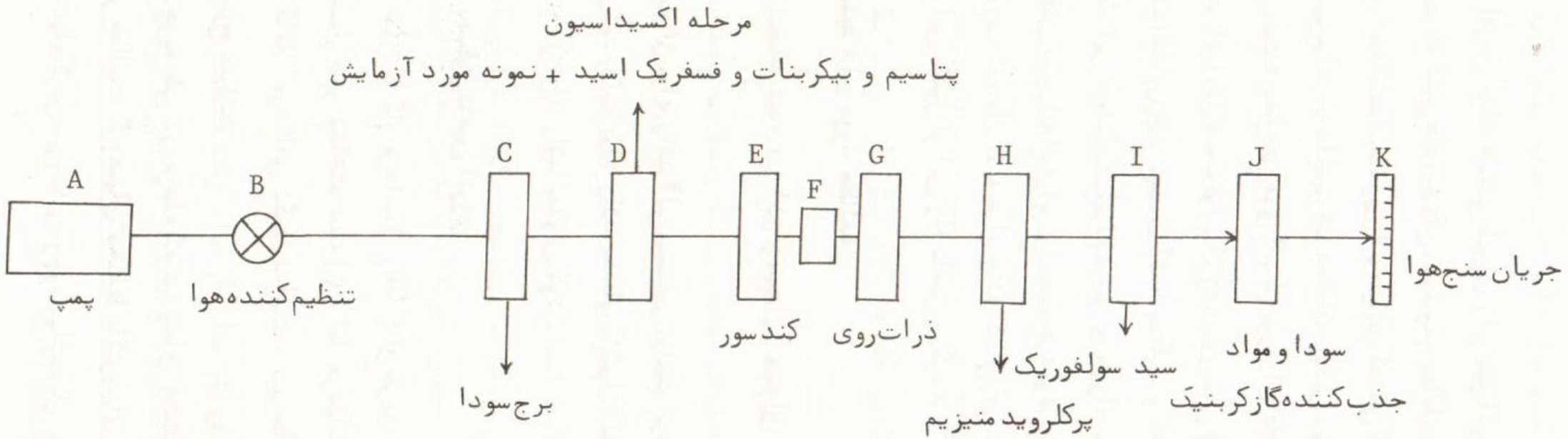
---

(۱)ـ این مقاله درسمینار تکنولوژی مناسب‌کشورهای عمران منطقه‌ای (RCD) ارائه شده و بزبان انگلیسی در مجموعه مقالات این سمینار بچاپ رسیده است .

(۲)ـ استادیار گروه‌ماشین‌آلات‌کشاورزی ، دانشکده‌کشاورزی‌دانشگاه‌جندیشاپورـ اهواز



شکل شماره ۲ــ دستگاه گازسنج



شکل شماره ۳ــ دستگاه اندازه گیری گازکربنیک

مقدمه :

کاهش روز افزون مواد فسیلی انرژی زا و نیز آلودگی ناشی ازمصرف این مواد از جمله مسائلی است که کشورهای جهان بخصوص ممالک صنعتی با آن مواجه هستند . بهره گیری از فعل و انفعالات تخمیری غیرهوازی که طی آن مواد آلی بالقوه آلوده به گازهای انرژی زا و نیزمواد حاصلخیز کننده‌خاک مبدل میشوند یکی از راه حل هائیست که می‌تواند در حل مسئله مضاعف فوق الذکر مورد استفاده قرار گیرد .

امروزه‌بعلت افزایش قیمت‌مواد انرژی زای‌سنتی (نفت ومشتقات آن) ، موضوع استفاده از مواد زائد کشاورزی و تبدیل آنها به کود و احیانا" غذای دام مورد توجه قرار گرفته‌بخصوص که این عملیات باتولید انرژی همراه بوده و درجلوگیری از آلودگی محیط زیست نیز نقش فوق العاده ئی را بعهده دارد . بعنوان مثال طبق محاسبات مک‌کارتی (۳) درصورت تبدیل کلیه مواد زائد کشاورزی در ایالات‌متحده آمریکاحدود ۲۰% مصرف کل گاز این کشور از این راه تامین میگردد .

نحوه تحقیقات و جنبه های مورد مطالعه

تحقیقات انجام شده در این زمینه را میتوان در سه قسمت مجزا بشرح زیر عرضه نمود :

۱ــ استفاده از مواد زائد آلی بمنظور تولید انرژی .
۲ــ دفع و تبدیلات مواد زائد بمنظور کنترل آلودگی
۳ــ استفاده از مواد زائد بعنوان کود .

۱ــ تولید گاز متان بمنظور تامین انرژی

تولید گاز متان یا گاز مرداب (CH_4) از طریق فعل و انفعالات تخمیری غیر هوازی از سالهای بسیار دور شناخته شده (۲) اما جزئیات بیوشیمیائی و باکتریولوژی این فعل وانفعالات کاملا" موشکافی نگردیده‌است . بهرحال ازنظر کلی‌مسیر و چگونگی این عملیات قابل شرح میباشد .

عملیات تجزیه طی دو مرحله که در شمای ۱ نشان داده شده انجام میگیرد . اولین مرحله در اثر فعالیت گروههای مختلط باکتریهای هوازی و غیرهوازی می‌باشد . دراین قسمت‌هیدراتهای‌کربن ، پروتئین وچربیهاتبدیل به‌اسیدهای‌آلی‌فرار ، هیدروژن

و گازکربنیک میشوند. بعضی از مواد موجود مانند چوب [1] و سلولز در این جریان تغییری نمی‌یابند. سرعت‌انجام فعل و انفعالات‌مذکور بسیار کند میباشد. مرحله دوم که شدیدا" غیرهوازی است اصطلاحا" مرحله متان زائی [2] نامیده می‌شود. مرحله متان زائی بسته به درجه حرارت محیط ممکن است تا ۳۰ روز بطول انجامد و معمولا" مرحله‌حساس تعیین کننده بازده‌تجزیه وتبدیل‌مواد میباشد (۴). دراین‌مرحله لازمست شرایط مناسب مانند PH (حدود ۷/۵ تا ۸/۵) حرارت (بین ۳۰ درجه تا ۴۰ درجه سانتیگراد) موجود بوده تا گاز تولید شده دارای ترکیبی برابر ۶۰ درصد متان و حدود ۴۰ درصد گازکربنیک باشد. ارزش حرارتی این گاز معادل ۶۵۰ BTU بر هرفوت‌مکعب یا $۲/۴ \times ۱۰^{۷}$ ژول برمترمکعب میباشد. البته متان خالص دارای ارزش حرارتی ۱۰۵۰ BTU بر هرفوت مکعب یا $۳/۹ \times ۱۰^{۷}$ ژول بر مترمکعب میباشد. اگرچه عملیات تجزیه بسیار پیچیده میباشد ولی فرمول زیر در مورد سلولز بعنوان نمونه صادق است:

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O \longrightarrow 3Co_2 + 3CH_4 + 4/5$$

در نتیجه از یک کیلوگرم سلولز حدود ۸۳۰ لیتر گاز در شرایط معمول حاصل میشود (۴۱۵ لیتر متان خالص).

عوامل مختلف فیزیکی وشیمیائی که درانجام فعل و انفعالات مربوطه‌دخالت دارند و حد مناسب این عوامل در جدول شماره ۱ خلاصه شده است.

در فعل وانفعالات مربوط به‌تجزیه مواد آلی، مشاهده شد که‌مقداری هیدروژن در مراحل میانی تخمیر تولید میگردد. چنانچه تکنیکهای مناسب و ساده که از نظر اقتصادی هم‌مقرون بصرفه باشد ابداع گردد‌ممکن است این روش برای تولید هیدروژن مناسبتر از تبدیل مواد آلی به گاز متان باشد. یکی از مزایای این عمل کاهش دادن مدت نگهداری مواد آلی در مخزن تجزیه است که در مخارج اولیه تاثیر مثبت خواهد داشت.

کاربرد گاز تولید شده.

از هر واحد تولیدی گاز متان از مواد زائد، مقدار قابل ملاحظه ای انرژی بدست‌میآید. بنابراین‌مسئله کاربرد و استعمال این‌انرژی درمحل‌تولید مطرح میگردد.

1- Lignin

2- Methanogenation

جدول شماره ۱ــ عوامل فیزیکی و شیمیائی موثر در انجام عملیات تجزیه غیرهوازی

عوامل	حد مناسب عوامل جهت انجام گرفتن عملیات
حرارت	۳۵ پائین تر از ۱۵ درجه‌سانتیگراد تولید گاز خیلی کم است.
PH	برای مواد زائد کشاورزی بین ۷/۵ تا ۸/۵
زمان نگهداری مواد درمخزن	۱۵ روز درحرارت ۲۵ درجه و بیشتر ۶۰ روز در حرارتهای ۲۰ــ۱۵ درجه‌سانتیگراد
میزان بارگیری بصورت مواد آلی	۲۰۰ــ۱۰۰ پوند بر هر ۱۰۰۰ فوت مکعب ظرفیت مخزن در روز مواد خشک قابل احتراق.
تولید گاز	۹ متر مکعب گاز برهرپوند موادخشک قابل تجزیه
نسبت رقیق کردن مواد	۹ ــ ۵ درصد مواد خشک
مخلوط کردن مواد در داخل مخزن	الزامی است
نسبت کربن به ازت	۱ : ۳۰ــ۲۰ برحسب وزن کربن قابل تجزیه
مواد سمی	سولفیدها کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم درلیتر ــ جیوه کمتر از ۲ میلی‌گرم در لیتر، آمونیاک کمتر از ۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر

ساده‌ترین راه‌برای بهره‌برداری از انرژی‌تولید شده‌تامین گرمای‌ساختمانهای دامپروری وسایر ساختمانهای موجود درمزرعه میباشد. بطور مثال گرم کردن مرغداریها که‌اکنون در اکثر مزارع‌معمول است میتواند با سوختن گاز تولید شده انجام شود. این کار تاثیر مثبتی در صرفه جوئی غذای دام و در نتیجه کاهش هزینه تغذیه دارد.

در صورت وجود گلخانه در مزارع میتوان با سوزاندن گاز هم فضا را گرم کرد و هم از گازکربنیک حاصله در رشد بهتر نباتات استفاده نمود، خشک‌کردن محصولات کشاورزی و ضدعفونی خاک ازجمله استفاده‌هائی است که ازسوختن متان عاید میشود. این کار میتواند در موقعیکه تولید گاز زیاد و مصارف دیگر آن ناچیز است عمل شود، راه دیگر استفاده از گازحاصله مصرف آن در موتورهای درون سوز است، گاز را میتوان

مستقیما" درموتوری که دارای سیستم کاربراتوری مناسب‌باشد بکار برد . برای استفاده در موتورهای دیزلی جهت دست یابی به احتراق کامل لازم است بین ۵ تا ۱۰ درصد گازوئیل به متان افزوده شود . همچنین ممکن است از گاز تولیدی برای سوخت وسائط حمل و نقل استفاده نمود ، دراینصورت مخارج کپسول کردن‌گاز و اشکالات حمل ونقل آنرا باید در نظر گرفت .

۲ــ دفع و تبدیل مواد بمنظور کنترل آلودگی :

همانطورکه اشاره شد فعل و انفعالات تخمیری غیرهوازی میتواند روش موثری درجلوگیری از ایجاد آلودگی‌محیط بوسیله‌فضولات باشد . چنانچه‌این فعل و انفعالات بطور کامل انجام شود نیاز اکسیژن بیولوژیکی و شیمیائی ، درصد مواد آلی و بمیزان زیادی از عناصر بیماری زا و همچنین تخم علف های هرز کاسته میگردد .

۳ــ استفاده از مواد زائد بعنوان کود :

شک نیست که مواد زائد کشاورزی پس از انجام فعل و انفعالات مورد بحث و تولید گاز متان میتواند بعنوان مواد حاصلخیز کننده و اصلاحی بزمین بازگشت داده شوند . این موادبخصوص بجهت دارا بودن ازت‌بصورت نیترات ، فسفر آلی ومواد آلی ساده و سایر عناصر مفید حائز اهمیت میباشند .

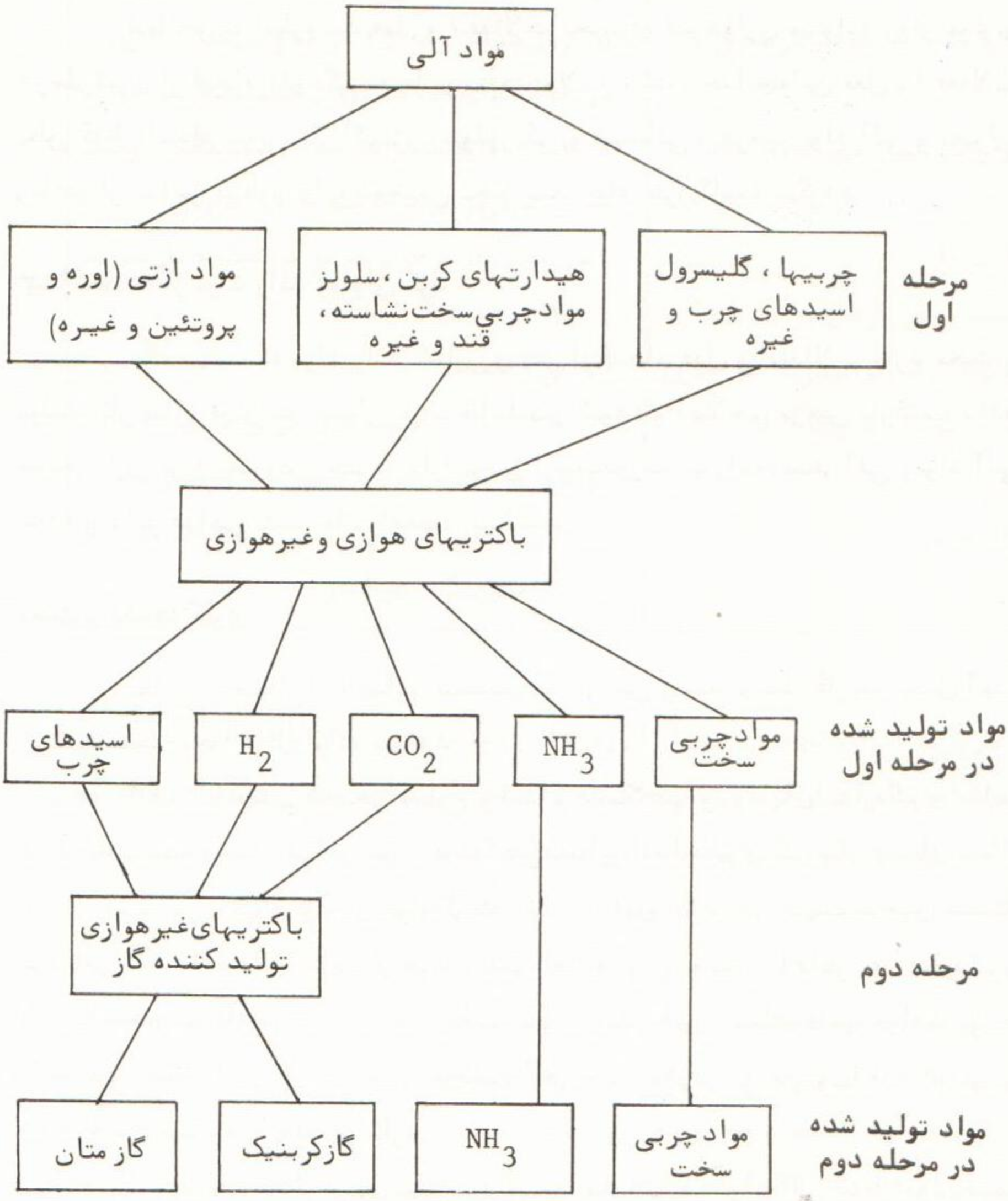
بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصله‌از آزمایشات متعددی که در این زمینه توسط نگارنده بعمل آمده در دو قسمت مجزا قابل ارائه میباشد .

الف : عملیاتی‌که‌منجر به‌طرح و ابداع دستگاهها و روشهای‌اندازه‌گیری عناصر مورد بحث‌شده است . دراین مورد دستگاهی‌بمنظور اندازه‌گیری گاز متان (شمای شماره ۲) ابداع و مورد بهره برداری قرار گرفته است . دلیل تلاش در جهت ساختن دستگاه فوق این بوده است که وسایل موجود یا فوق‌العاده گران بوده و یا قادر به اندازه‌گیری و ثبت حجم کم گاز در طول مدت آزمایش نبوده اند . این دستگاه قادر خواهد بود تا لااقل۱۰۰ میلی لیتر گاز در روز را بادقت کافی اندازه‌گیری‌نموده ونوسانات گاز تولید شده را برحسب زمان مشخص سازد .

از آنجا که‌مقدار کربن بصورت‌ترکیبات مختلف در مواد آلی عامل موثر مهمی

شکل ۱ــ عواملی که در انجام فعل و انفعالات مواد آلی و تولید گاز متان دخالت دارند .



را در چگونگی تجزیه این مواد و تولید گاز بعهده دارد ، لذا اندازه گیری این عنصر بصورت‌کربن آلی ضروری است . بهمین منظور ضمن بررسی روشهای‌معمول دراین زمینه روش جدیدی که شمای آن در شکل ۳ مشخص شده است پیشنهاد و مورد آزمایش قرار گرفت . این روش که براصول اکسیداسیون مواد آلی توسط ترکیبات شیمیائی ، تصاعد گاز و سپس جذب و اندازه گیری گازکربنیک حاصله طی این فعل و انفعالات بنا شده، گذشته ازسادگی ساختمان و نحوه عمل دستگاه ، دارای دقت کافی است وبهمین دلیل بر سایر روشهای موجود ترجیح داده میشود .

ب : نتایجی که‌پس از انجام‌تحقیقات و آزمایشات‌بدست آمده : درآزمایشات انجام شده بر روی مواد زائد (مخلوط‌کود و کاه) گاوداریها میزان کل گاز بدست آمده حدود ۰/۴ مترمکعب از هر کیلوگرم ماده خشک تجزیه شده میباشد . این مقدار گاز در شرایطی است که مقدار بارگیری[1] مخزن ۳/۶ تا ۵ کیلوگرم ماده خشک در هر مترمکعب مخزن در نظر گرفته شده و درجه حرارت آن بین ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد باشد .

کاهش ۸۰٪ نیاز اکسیژن بیولوژیکی و ۷۵٪ نیاز اکسیژن شیمیائی که از این آزمایشات‌نتیجه گردید می‌تواند دلیل مثبتی برکاهش قدرت آلوده کنندگی محیط‌این مواد محسوب شود .

نتایج دیگر این بررسی را میتوان بصورت زیر خلاصه نمود :

ـ هر مترمکعب گاز تولید شده بر اثر فعل وانفعالات با تولید ۵۹BTU گرما همراه‌میباشد . این‌عمل نتیجه خاصیت گرمازائی[2] فعل و انفعالات بوده و گرمای تولید شده میتواند در حفظ‌حرارت مخزن و در نتیجه صرفه جوئی در انرژی بکار رود .

ـ کاهش حدود ۳۰٪ درمقدار ازت کل طی فعل وانفعالات مزبور و تبدیل ازت آمونیاکی به ازت نیتراته .

ـ تاثیر مثبت درجه حرارت در سرعت انجام فعل و انفعالات و میزان تولید گاز .

از آنجا که‌مقدار زیادی ماده سلولزی در مواد زائد کشاورزی موجود است این ماده‌میتواند بعنوان منبع مهمی در تولید جوهر سرکه یا اسید استیک بکار رود . تبدیل جوهر سرکه به استات کلسیم که ماده اولیه سوختنی و پتروشیمی مهمی است از جمله امکاناتی است که میتوان از آن بهره برداری نمود . آزمایشاتی که در این مورد بعمل

1- Loading rate

2- Exothermic

آمدنشان داد که :

الف ـ تبدیل سلولز به اسید استیک بین ۴۵ تا ۶۵ درجه سانتیگراد سرعت بیشتری داشته و باکتریهای مخصوص قادرند بسرعت این عمل را انجام دهند .

ب ـ استفاده از باکتریهای مخصوص یا گرمادوست[1] که قادرند عملیات تجزیه را بنحو احسن انجام دهند توصیه میشود .

ج ـ افزودن مقدار آهک به‌مخزن حاوی مواد زائد آلی درحین انجام عملیات تجزیه‌توسط باکتری‌باعث‌تولید استات کلسیم می‌گردد . افزودن ۵ تا ۱۰درصد (وزنی) آهک به مخزن تاثیری در سرعت انجام فعل و انفعالات نخواهد داشت .

د ـ تولید استات‌کلسیم بعلت کوتاه‌تر بودن دوره فعل وانفعالات آن و ایجاد یک نوع سوخت مناسبتر ممکن است از نظر جنبه های اقتصادی و انرژی مناسب تر از تولید گاز متان باشد .

هـ ـ استخراج استات‌کلسیم مسئله‌ایست که دارای اهمیت زیاد بوده واحتیاج به‌تحقیق وبررسی بیشتر دارد . ابداع و ایجاد روشها وشبکه‌هائی که‌قادر باشند استات حاصله را بسرعت از مخزن خارج نموده پس از تصفیه آنرا در اختیار قرار دهند میبابد مورد مطالعه‌قرارگیرد . دراین آزمایشات بررسیهای‌اجمالی و اولیه‌بعمل آمده و روشهائی مانند استفاده از دیگ های بخار خورشیدی ، استخراج از طریق محلول سازی و بکار بردن حلالهای مختلف پیشنهاد میگردند .

نتیجه گیری

مسلما" ادامه تحقیقات و بررسیها در این زمینه ها امکانات بهره برداری از مواد زائد کشاورزی را بنحو بهتری فراهم خواهد نمود . این بررسیها باید در مسیری باشند تا روشهای کاربرد مواد زائد را در سطح واحدهای کشاورزی و همزمان با مراحل مختلف‌تولید و آماده‌سازی‌موادغذائی ودرنتیجه خودکفائی این واحدها ارائه‌نمایند .

بعلت‌پیچیدگی فعل و انفعالات تجزیه‌غیرهوازی در اثر عوامل محیط‌و وجود میکروارگانیسمهای مختلف‌تحقیقات چند جانبه ای مورد نیاز است . تعمیم روش مذکور برای هر منطقه باید با در نظر گرفتن شرایط محلی و اقتصادی و فنی توام باشد .

1- Thermophilic

منابع

1. Almassi,M.(1977) Anaerobic fermentation of agricultural wastes. Proceedings of the RCD seminar on Appropriate Technology October 3-4, 1977 Tehran.

2. Hobson, P.N. and B.G. Shaw(1971). The role of strict anaerobes in the digestion of organic materials. Microbial Aspest of pollution Ed.G.Sykes and F.A. Skinner. Soc. for Appl. Bact. No.1. PP. 103-121. London, Academic Press.

3. MacCarty,P.L.(1973) Bioconversion Energy Research Conference. Institute of Man and his Environment. University of Massachusetts Amherst, Masachusetts.

4. Pohland,F.G.(1962). General Review of Literature on Anaerobic Sewage Sludge Digestion. Engineering Bulletin, Purdue University.

5. Taiganides,E.P. and Hazen,T.E.(1966). Properties of farm animal excreta. Transaction of the ASAE, 1966.