المعمل السادس

الغاز الحيوي

Biogas

نورة الكبيسي

الغازات الحيوية

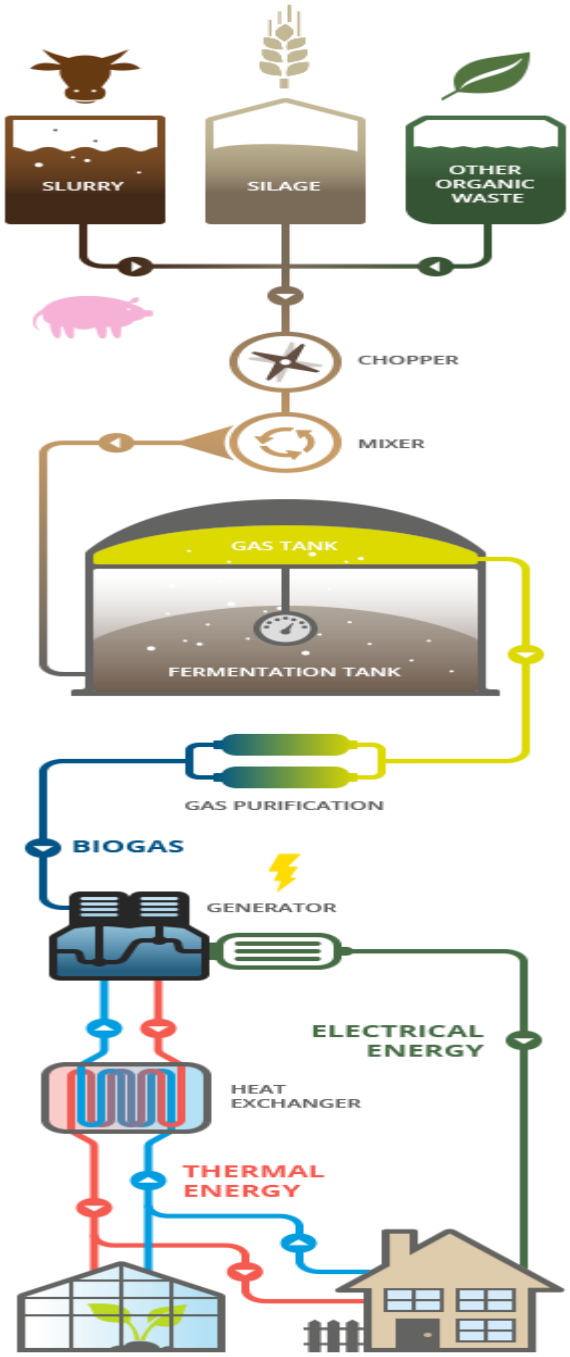
هي غازات تنتج من تفكك المواد العضوية في غياب الأكسجين

ويعد الغاز الحيوي نوعًا من أنواع الوقود الحيوي.

- من احدى طرق انتاج الغاز الحيوي:

- اجراء عملية هضم لا هوائي.
- تخمير للمواد للتحلل الحيوي مثل الكتل الحيوية او السماد العضوي أو مياه المجاري.

- يتألف هذا النمط من الغاز الحيوي بشكل رئيسي من غاز الميثان وغاز ثنائي اكسيد الكربون.



- النمط الآخر من إنتاج الغاز الحيوي يعتمد على غاز الخشب الذي يتم الحصول عليه من تغوير asification الخشب أو الكتل الحيوية.

- يتكون هذا النمط من الغاز الحيوي من النيتروجين والهيدروجين واحادي اكسيد الكربون مع آثار من الميثان.

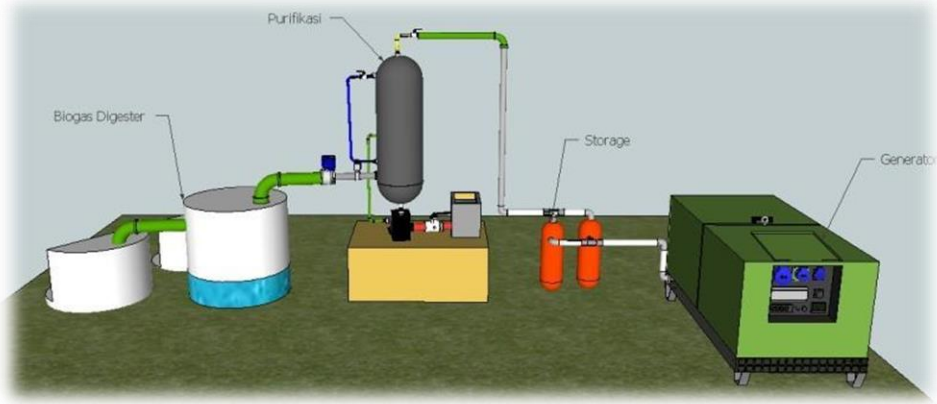
مكونات الغاز الحيوي على اختلافها يمكن حرقها أو أكسدتها، حيث تستخدم الطاقة الناتجة في مختلف نواحي الحياة اليومية.

تركيب ومكونات الغاز الحيوي

إن المعطيات والبيانات الموجودة في المراجع حول تركيب الغاز الحيوي تعطي معلومات متباينة جدا .

يعود هذا الأمر إلى وجود عوامل ومتغيرات مختلفة تحدد من طبيعة هذا التركيب، من بينها:

- المنشأ الحيوي الأصل الذي يستخرج منه الغاز.
- آلية سير العمل ضمن خزانات التخمير.



أهم مكونات الغاز الحيوي

1. **الميثان** حيث انه كلما ازدادت نسبته ضمن المكونات كلما ازدادت نسبة الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الغاز الحيوي.

2. **ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء** فهي مكونات ذات أهمية غير كبيرة.

3. **كبريتيد الهيدروجين** حيث يمكن أن يسبب مشاكل بيئية وذلك لإمكانية تشكيل أكاسيد الكبريت والنيتروجين المسؤولة عن **تشكل الأمطار الحامضية**، فيجب التخلص منها قبل حرقها في محرك احتراق الغاز، خاصة أنها من الغازات الآكلة أيضا.

4. **غاز ثاني اكسيد الكربون والنتروجين** غازان خاملان يخفضان من القيمة الحرارية للغاز الحيوي يجب ازالتهما بعملية تسمى **ترقية الغاز الحيوي**.

العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي

١) درجة الحرارة	٢) درجة الحموضة	٣) نسبة الكربون إلى النيتروجين
٤) تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية	٥) معدلات التغذية بالمادة العضوية (درجة التحميل)	٦) زمن بقاء المحلول في المخمر
٧) المواد السامة في التغذية	٨) استخدام البادئات	٩) التقليب داخل المخمر

١) درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة بشكل كبير على عملية التخمير و إنتاج الغاز الحيوي. ويوجد نوعان من البكتريا المنتجة للغاز:

النوع الأول:

الميثوفيللي ودرجة الحرارة المثلى لهذا النوع هي 37 -35 درجة مئوية، وتنخفض معدلات إنتاج الغاز بدرجة كبيرة مع انخفاض درجة الحرارة.

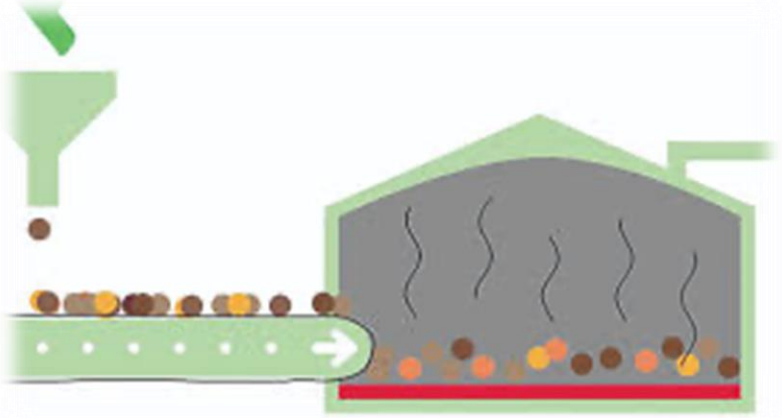
النوع الثاني:

الثرموفيللي ودرجة الحرارة المثلى لهذا النوع 60-55 درجة مئوية.

*ولتوضيح أثر الحرارة فإذا اعتبرنا إنتاج الغاز يعادل 100 %عند الحرارة المثلى للتخمر الميثوفيللي 37 درجة مئوية فانه يرتفع الى250 % عند التخمر الثرموفيللي وينخفض إلى أقل من 25 %عند درجة 20 درجة مئوية.

2) درجة الحموضة

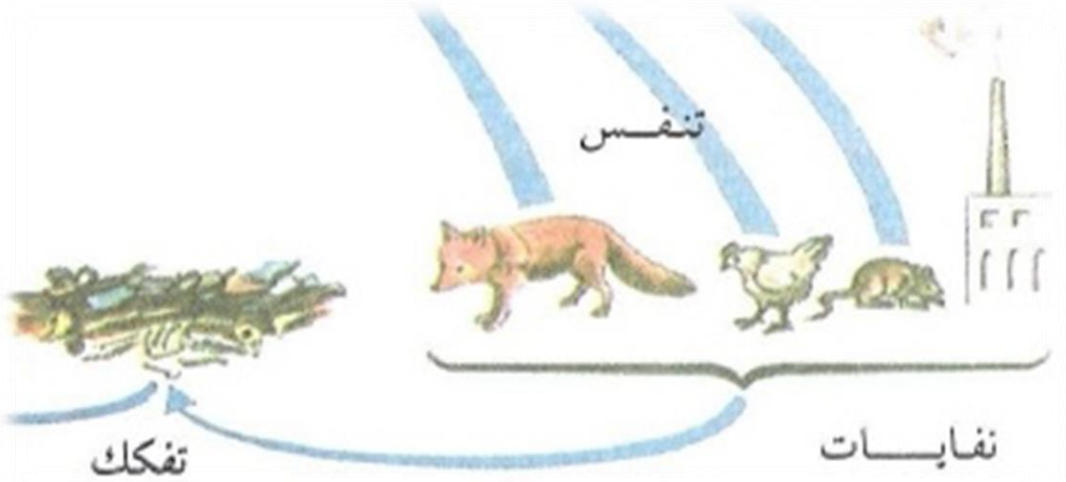
تحتاج الكائنات الحية الدقيقة في التخمير اللاهوائي إلى وسط متعادل لتتمكن من العمل بكفاءة أي عند أس هيدروجيني يساوي 7 ، على الرغم من أن بكتيريا التحلل تحول المواد العضوية إلى أحماض يمكن أن تعيش في ظروف حامضية أي عند أس هيدروجيني قريب من 5.5 إلا أن بكتيريا الميثان تعمل بكفاءة أفضل عند أس هيدروجيني بين 8.6 – 5.8 و أثناء عملية التخمر يحدث توازن بين بكتيريا تكوين الأحماض وبكتيريا إنتاج الميثان بحيث يبقى الأس الهيدروجيني قريبا من(7) لذلك عند بدء التشغيل يفضل استخدام بادىء مكون من مستحلب متخمر مسبقا أو استخدام تركيزات منخفضة من المادة العضوية للإسراع بالوصول إلى مرحلة التوازن.



3) نسبة الكربون إلى النيتروجين

تحتاج بكتيريا الأحماض وبكتيريا الميثان إلى الكربون والنيتروجين لنموها، وتستهلكهم بنسبة 25-30 %كربون إلى (1) نيتروجين وهو ما يطلق عليه نسبة الكربون إلى النيتروجين وتعادل القيمة المثلى لهذه النسبة في التخمير اللاهوائي 25-30%

ويحتوي روث الأبقار والأغنام على هذه النسبة تقريبا ولكنها تتغير باستمرار وبشدة طبقا للمادة العضوية المستخدمة.



4) تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية

يتراوح تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية (أي كمية المادة الصلبة إلى الماء) بين 8-10 %حيث تحافظ هذه النسبة على جريان مناسب، وتمنع تكون الأحماض بمعدلات أكبر من استهلاكها مما يحافظ على التوازن في عملية التبخر. ولكن قد يتم رفع نسبة المادة الصلبة في بعض عمليات التخمر المستخدمة إلى 12-14 %لتقليل المتطلبات الحرارية وتحسين الاقتصاديات، كما أن عملية التخمير الجاف للمخلفات الصلبة مثل القش والأحطاب والقمامة تتم في تركيزات مرتفعة قد تصل إلى 25-30 % ونظرا لتكون الأحماض فإنه عادة ما يضاف مواد مساعدة مثل كربونات الكالسيوم للمساعدة على التوازن.

5) معدلات التغذية بالمادة العضوية (درجة التحميل)

تمثل كمية التغذية اليومية بالمواد العضوية مقسومة على حجم المخمر، أهمية كبيرة حيث بزيادتها يرتفع إنتاج الغاز، ولكن زيادتها أكثر من اللازم يؤدي إلى تراكم الأحماض العضوية بسبب عدم تمكن بكتيريا الميثان من تحويلها إلى غاز مما قد يسبب توقف إنتاج الغاز، وتختلف معدلات التغذية بالمادة العضوية حسب تركيب المادة العضوية ونوع المخمر المستخدم وظروف التشغيل.

6) زمن بقاء المحلول في المخمر

وهو متوسط عدد الأيام التي يبقاها المحلول داخل المخمر، والذي تحكمه عوامل كثيرة منها ظروف التشغيل مثل:

- درجة الحرارة
- طبيعة المادة العضوية المستخدمة وسهولة تخمرها
- نوع المخمر المستخدم

عادة يكون زمن البقاء حوالي 40 يوما بالنسبة لتخمر روث الماشية في الظروف العادية بدون تسخين والحد الأدنى لزمن البقاء يحدده سرعة تكاثر البكتيريا، حيث انخفاضه عن الفترة اللازمة لتكاثر البكتيريا يساعد على خروج البكتيريا وتناقصها في المخمر مما يسبب توقف أو انخفاض الغاز، أما الحد الأقصى لزمن البقاء فتحدده عوامل اقتصادية، حيث أن زيادة زمن البقاء يؤدي إلى زيادة حجم المخمر وبالتالي زيادة التكاليف.

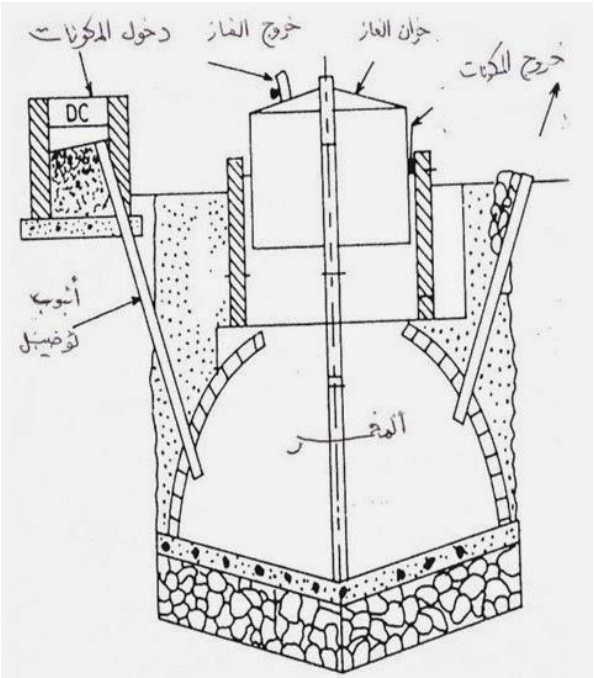
7) المواد السامة في التغذية

- المضادات الحيوية
- المبيدات
- المنظفات الصناعية
- المعادن الثقيلة مثل: الكروم والنيكل والنحاس والزنك

تعتبر مواد سامة للكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بإنتاج الغاز الحيوي.

- ارتفاع تركيز الأمونيا والذي ينجم عن انخفاض نسبة الكربون إلى النيتروجين قد يسبب تسمم للبكتيريا.

8) استخدام البادئات

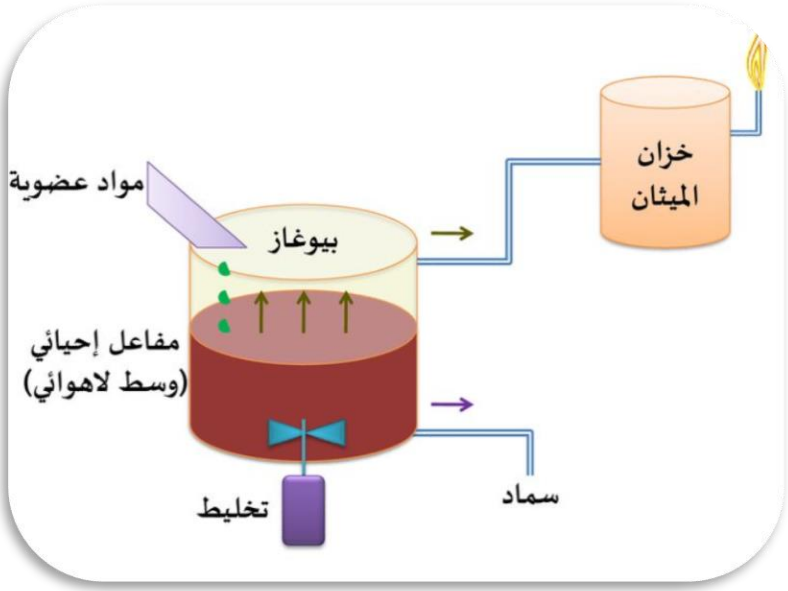


عند بداية تشغيل المخمر فانه يفضل إضافة نسبة من مخلوط تخمير نشط وذلك للإسراع في عملية التخمير حيث يحتوي هذا المنشط على نسب متوازية من بكتيريا الميثان وبكتيريا الحمض التي يمكنها أن تعمل مباشرة بعد إضافتها، وقد لا يحتاج الأمر إلى استعمال المنشط حيث يمكن للمخمر العمل بدونه في حالة استخدام روث الماشية، ولكن ذلك يتطلب الانتظار بضعة أيام لحين تكون ونمو عدد كاف من بكتيريا التحلل وبكتيريا الميثان.

9) التقليب داخل المخمر

- من العوامل الضرورية لرفع كفاءة عملية التخمير وزيادة إنتاجية الغاز وعن طريق التقليب تتجانس مكونات المخمر وتزداد فرص التلامس بين المخلفات والبكتيريا ويزداد نشاط بكتيريا الميثان مما يؤدي إلى ارتفاع معدلات إنتاج الغاز .
- التقليب يمنع تشكل طبقة الخبث فوق سطح مخلوط التخمر وتيبسها مما يعوق صعود الغاز للأعلى.

وتجدر الإشارة إلى أن عملية التغذية اليومية بالمواد الطازجة تعتبر إحدى طرق التقليب، ولذا كان من المفضل تعدد مرات التغذية اليومية لزيادة فرص التقليب. وعادة يستخدم التقليب اليدوي أو الميكانيكي أو التقليب بإعادة دورات المحلول أو الغاز.



المخلفات العضوية المنتجة للغاز الحيوي

مخلفات منزلية:

القمامة ،مخلفات المطابخ بقايا الأطعمة، بقايا الخضروات والفاكهة ، وغيره.

مخلفات صناعية:

مخلفات صناعة الالبان والأغذية والمشروبات ومخلفات المسالخ بأنواعها.

مخلفات نباتية:

قش الأرزوالأغصان والثمار التالفة وغيرها.

مخلفات الحشائش:

حشائش زراعية وبرية ومائية.

مخلفات حيو انية:

روث الماشية ومخلفات سماد الدواجن والطيور المنزلية.

الفحوصات الفيزيائية اللازمة للنفايات:

المواد الصلبة الكلية ،درجة الحرارة ، اللون ، الر ائحة ،درجة العكارة.

المخلفات العضوية المنتجة للغاز الحيوي

- الفحوصات الكيميائية للمواد العضوية:

➢* المركبات العضوية المتطايرة لأنها من المواد الخطرة على الصحة العامة وعلى البيئة

➢ *BOD

• *COD

➢* الكربون العضوي الكلي

➢* درجة الحموضة

➢ * النتروجين لأنه من العناصر الضرورية لنمو البكتيريا

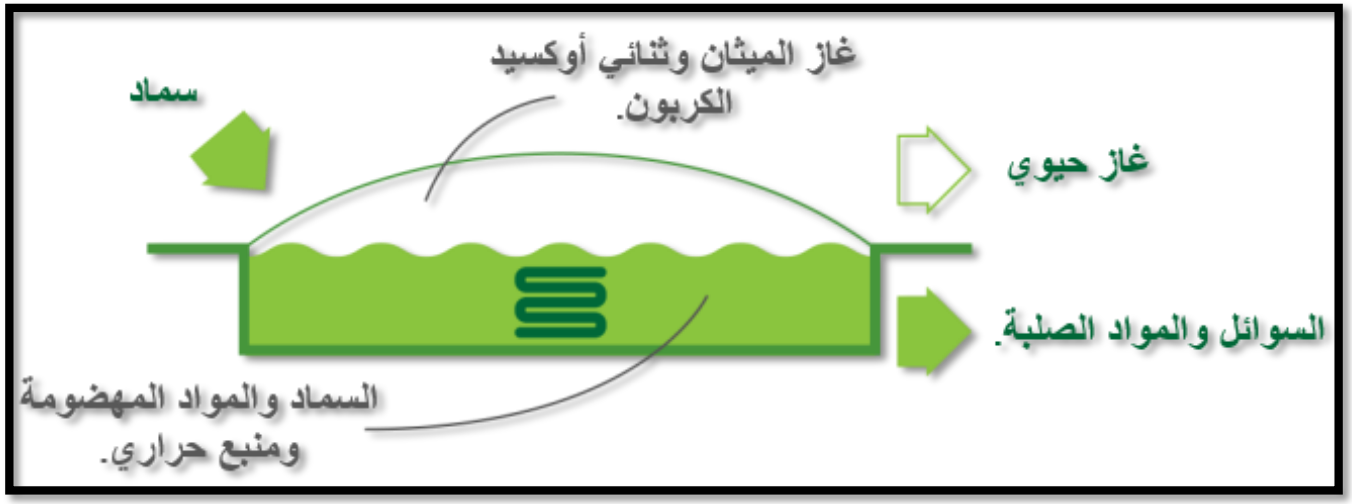
➢ * الفوسفور لأنه ضروري لنمو الطحالب والبكتيريا

➢* الكبريت

➢* المعادن الثقيلة

إنتاج الغاز الحيوي من المكبات

يتكون الغاز الحيوي في المكبات نتيجة تحطم المادة العضوية في النفايات بطريقة التخمر اللاهوائي ، وبشكل عام يشكل غاز الميثان وثاني اكسيد الكربون ما قيمته ٩٩ % من الغاز الحيوي المنتج.



وتتم عملية انتاج الغاز الحيوي في المكبات عبر المراحل التالية:

١) مرحلة التفاعلات الهوائية:

حيث المواد القابلة للتحلل عضويا في النفايات تبدأ في التحلل تحت تأثير الميكروبات النشطة ضمن تفاعلات هوائية ، إن التحلل الهوائي مرهون بوجود الهواء الذي يتخلل المكان.

٢) المرحلة الانتقالية:

بتلاشي الهواء داخل المكب، مع مرور الزمن ، تبدأ التفاعلات اللاهوائية ، وكنتيجة تبدأ بعض غازات النيتروجين ، وكبريتيد الهيدروجين بالتصاعد في هذه المرحلة.

٣) مرحلة الحموضة:

التمَيُّه : HYDROLYSIS تحطيم المركبات الكبيرة إلى مركبات بسيطة قابلة للهضم ، من قبل الميكروبات العضوية كمصدر طاقة والكربون الداخل في خاليا هذه الميكروبات.

الحموضة : حيث تتحول المواد العضوية المهضومة إلى حوامض تحت تأثير انزيمات البكتيريا.

٤) مرحلة تكون غاز الميثان:

تصبح الميكروبات المسؤولة عن توليد غاز الميثان نشيطة وتحول الحوامض المكونة في المرحلة السابقة وغاز الهيدروجين وثاني اكسيد الكربون، معظم الغاز الحيوي في المكب ، يتكون من خلال هذه المرحلة.

٥) مرحلة النضوج:

حيث يستمر تولد الغاز الحيوي باستقرار وبمعدل شبه ثابت.

الهضم اللاهوائي ومبدأ تشكل الغاز الحيوي

- تعتمد تقنيه انتاج الغاز الحيوي على تفكك المواد العضوية وتحللها الى مكوناتها العضوية وذلك بواسطه بكتيريا الميثان الخاصة ؛ وهذا ما يعرف بعمليه التخمير.

- هذه العملية يجب ان تتم في ظروف لا هوائيه في درجات حراره ملائمه للعمليات الحيوية التي تقوم بها البكتيريا الموجودة في مفاعل الغاز الحيوي (حوض التخمير).

- واذا تم تحليل مجمل المادة العضوية الداخلة في التفاعل فان التفاعل يعطى بالعلاقة التالية:-

$$Ca\ Hb{=}OcNd+(a-0.25b-0.5c-0.75d)H2O = (0.5a+0.125b-0.25c-0.375d)CH4+(0.5a-0.125b+0.25c+0.375d)CO2+DNH3$$

- ينتج غاز الميثان عن الهضم اللاهوائي بفضل تعايش تكافلي بين عائلتين من الأحياء الدقيقة هما البكتيريا الصانعة للأحماض والبكتيريا الصانعة للميثان.

الهضم اللاهوائي ومبدأ تشكل الغاز الحيوي

يوصف التعايش التكافلي بين هذين النوعين من الأحياء الدقيقة بمرحلتي تطور :

*المرحلة الأولى

١) يتم في البداية حل المادة العضوية بواسطه بكتيريا خاصه فتتحول السكريات العديدة الى سكريات احاديه وثنائيه وتتحول البروتينات الى احماض امينيه وتتحول الدهون الى احماض دهنيه طويله

٢) بعد ذلك تقوم البكتيريا الصانعة للأحماض بتحويل المواد المتحللة الى حموض عضويه طياره مثل (حمض الخل).

٣) تستخدم الحموض العضوية الطيارة كركيزة للبكتيريا الصانعة للميثان وينتج غاز الميثان.

٤) وتلخص هذه المرحلة في المعادلة التالية:

$$C6H12O6 = 3\ CH3COOH = 3\ CH4 + 3CO2$$

الهضم اللاهوائي ومبدأ تشكل الغاز الحيوي

يوصف التعايش التكافلي بين هذين النوعين من الأحياء الدقيقة بمرحلتي تطور :

*المرحلة الثانية

- ينفذ الهضم الميكروبي اللاهوائي ضمن اوعيه معزولة عن الهواء تدعى هاضمات.
- ان كل خلل في التوازن بين سرعتي تصنيع الحموض العضوية الطيارة وتفكيكها يضر بالتشغيل الجيد للهاضمة خاصه وان البكتيريا الصانعة للميثان حساسة جدا للشروط الحامضية ويتم الحفاظ على التوازن بين هاتين السرعتين بتوفير شروط دقيقه ومناسبه للوسط البيولوجي.

مدخلات الهواضم الحيوية

يمكن الاستفادة من مخلفات مزارع الأبقار والمواشي وتجدر الإشارة، أن بناء الهواضم يعتبر جزءاً مر افقا لأمكنة تربية الأبقار والمواشي وتشكل الطريقة الأمثل لمعالجة مخلفاتها خصوصا في أمكنة تواجد المزرعة في الأرياف والتي ما زال التعامل مع مخلفاتها تقليديا . كما لا تتوفر، في الأفق المنظور، برامج وبنية تحتية و اقتصادية مو اتية لإطلاق حلول للتخلص من تلك التلوثات.

وتعتبر المخلفات النباتية كنو اتج التقليم وقص الأعشاب في المسطحات الخضراء وغيرها من أهم رو افد مدخلات الهواضم. كما تستخدم النفايات المنزلية العضوية وبقايا أسواق الخضار والفو اكه بكل أشكالها و أنواعها أيضا ليكون لها الدور الكبير في تقليل حجوم وأخطار التعامل مع النفايات الصلبة التي يصل فيها نسبة النفايات العضوية حتى ٦٠ %و أكثر مما يسهم في حل مشكلة المخلفات الصلبة.

مخرجات الهواضم الحيوية

أولًا : السماد الحيوي

هو سماد عضوي عالي الجودة خالي من العوامل الممرضة، بدون رو ائح لا يجذب الحشرات. ويمكن ذكر بعض القيم تقريبية لمكوناته "كل واحد متر مكعب من السماد الحيوي أي طن واحد تقريبا ذو تركيز (8 %ماده صلبة) تعادل (11.4 كغ) كبريت (1.1 كغ) سوبر فوسفات + كبريتات البوتاسيوم(11.5 كغ) ." ويتوفر لدينا تحليل من مخابر معتمدة لمكونات السماد الخارج من هاضم قرية بريكة للمهتمين والمختصين.

مخرجات الهواضم الحيوية

ثانيًا : الغاز الحيوي

يمكن استخدامه كطاقة حرارية بديلة يستخدم في تسخين المياه والتدفئة وتوليد الطاقة الكهربائية

ونذكر أن الغاز الحيوي:

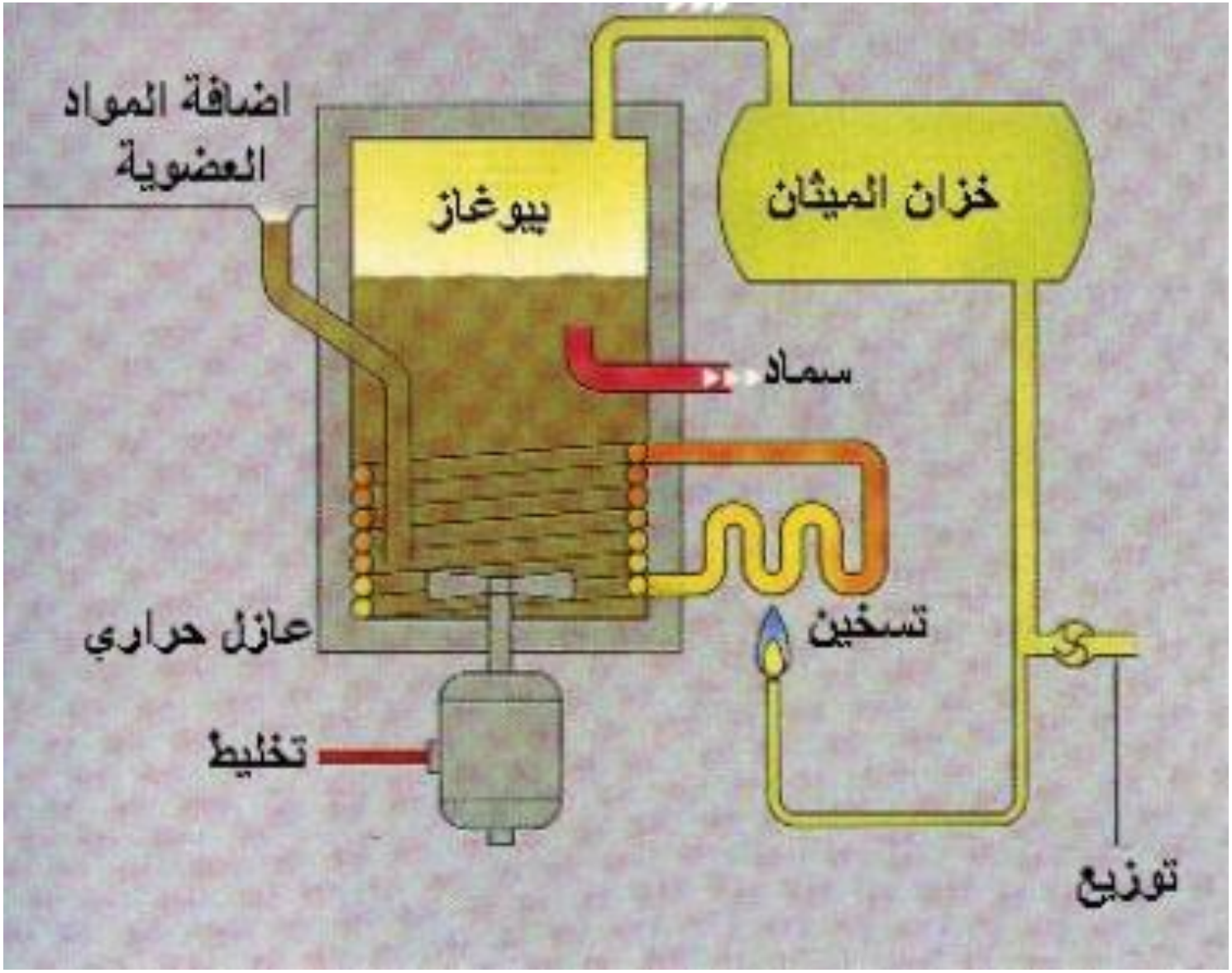
١. هو طاقة تنتج عن تقانة بسيطة؛ متوفرة؛ ميسرة في أماكن بعيدة عن مصادر الطاقة؛ وهي ال تحتاج الاستثمارات عالية التمويل المالي أو التقني، ال تطلق ملوثات بيئية و إنما يمكن أن تكون وسيلة للتحكم بالملوثات البيئية.

٢. يعطي الغاز الحيوي طاقة حرارية عالية؛ نظيفة؛ رخيصة. كل واحد متر مكعب من الغاز الحيوي يعادل من حيث الطاقة (8كغ) حطب = (44%كغ) بوتان = (٠،٦ ل) مازوت = (1.5 ك و / ساعة/ ميكانيكي).

٣. الطاقة الناتجة غير ناضبة، ميسرة في معظم أماكن النشاطات الإنسانية.

٤. الطاقة الناتجة من الغاز المنتج كافية لمتطلبات المنزل؛ المزرعة والتجمعات الإنسانية.

٥. يمكن توليد طاقة كهربائية كافية لاستهلاك المزرعة ولتجمعات سكانية بعيدة.


اضافة المواد
العضوية
بيوغاز
خزان الميثان
سماد
عازل حراري
تسخين
تخليط
توزيع

يمكن الحصول على الغاز الحيوي عن طريق

١ .تجمّع عينات مختلفة من النفايات (المنزلية ،مستشفيات .... الخ) في دوارق زجاجية سعة لتر واحد بو اقع 200 جرام من النفايات ويوصل دورق زجاجي بدورق زجاجي آخر سعة لتر واحد على 200 مل ماء بواسطة ساق زجاجية.

2 .يضاف للدوراق المحتوية على المخلفات حوالي 200مل من المخلفات الصرف الصحي الحديثة مع عمل دوارق للضبط تحتوى على 200 مل ماء .

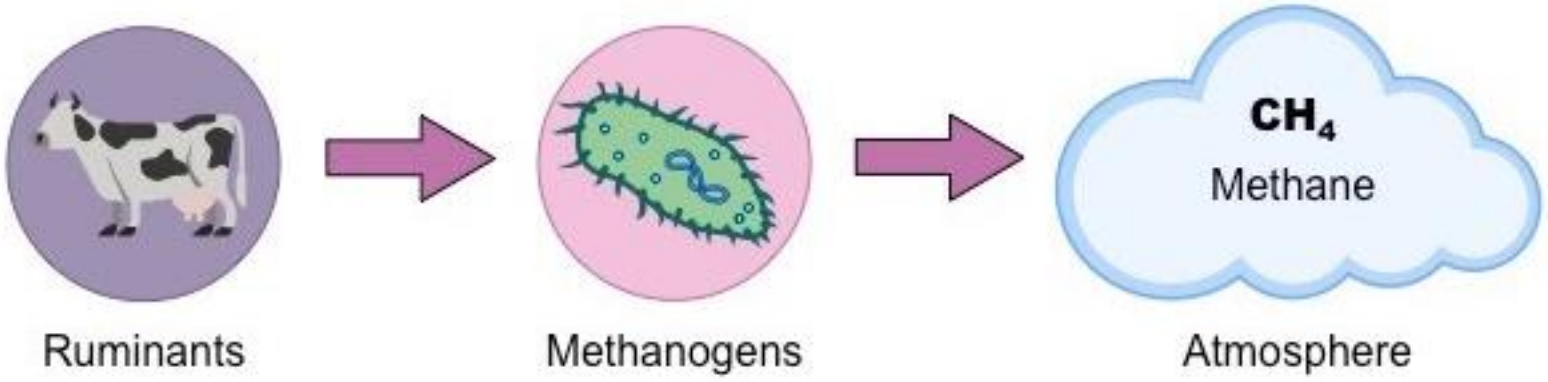
٣ .تترك الدوارق لمدة 20 يوما عند درجات حرارة مختلفة (45-35-25-15) م.

4 .تفحص الدوارق بعد انتهاء المدة الملاحظة تصاعد غاز الميثان وظهور فقاعات في الماء في الدوارق المحتوية على الماء وتقارن بدوارق الضبط.

5 .تعين درجة الحرارة المثلى الملائمة لتحلل القمامة كما يمكن عزل وفحص ودراسة بعض الميكروبات بعد انتهاء التجربة.

عزل البكتيريا القادرة على انتاج غاز الميثان من المخلفات الصرف الصحي

تستطيع بعض الأجناس البكتيرية التي يطلق عليها (Methanogenic) من انتاج غاز الميثان ومنها *Methhanosarcina-Methanococcus sp* والتى عزلت من مخلفات الصرف الصحي ويطلق عليها ايضا Biomethanation والتي لا تقتصر فقط على إنتاج غاز الميثان و انما تنطلق أيضا بعض الغازات الأخرى مثل كبريتيد الهيدروجين H2S وثاني أكسيد الكربون CO2.



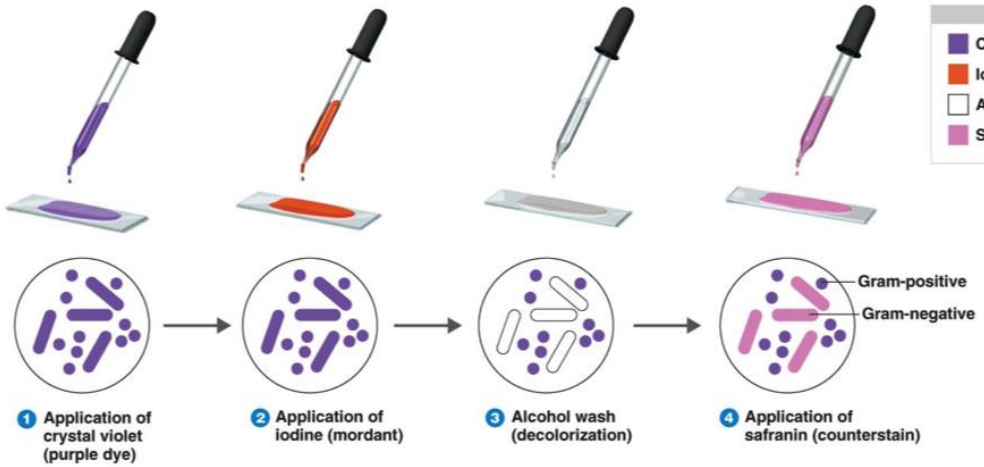
طريقة عزل البكتيريا

١. عينات من مخلفات الصرف الصحي الصلبة (الحمأة).

٢. ننقل بواسطة ابرة التلقيح جزء من المخلفات الى أطباق بتري المحتوي على بيئة آجار التربتون والجلوكوز الصلبة.

٣ . نحضن الأطباق عند ٣٧ م لمدة 4 أيام.

٤. بعد انتهاء فترة التحضين نفحص الأطباق لملاحظة النمو البكتيري مع عمل غشاء بكتيري وصبغة بصبغة جرام.



نهاية المعمل السادس