الغاز الحيوي

د. إبراهيم بن صالح المعتاز

الغاز الحيوي (Biogas) هو خليط من عدة غازات أهمها غاز الميثان(CH_4)، والذي تصل نسبته إلى حوالي ٧٠٪، وينتج بفعل التحلل غير الهوائي للمواد العضوية الموجودة في المخلفات الحيوية للحيوانات والنباتات والمنتجات الثانوية من أصل حيواني ونباتي وبقايا المواد العضوية في الأطعمة، أو مياه الصرف الصحي، أو مياه المعالجة الصناعية أو غيرها. وتمثل المواد الكربوهيدراتية مع قليل من الدهون والبروتينات المصدر الرئيس للحصول على الغاز الحيوي، ويعد الموز أكثر المواد إنتاجاً للغاز الحيوي وأسرعها.

تمتاز منشآت الغاز الحيوي المقامة في المناطق الزراعية بأنها تنتجه بأقل التكاليف، لأنها تستخدم روث وفضلات الحيوانات إضافة إلى بقايا الحصاد والمخلفات النباتية. يؤدي تجانس المواد العضوية المستخدمة في إنتاج الغاز الحيوي إلى استقرار عملية التخمير وإنتاجية أفضل للغاز الحيوي.

انتشرت منشآت معالجة المخلفات العضوية للحصول على الغاز الحيوي في كثير من دول العالم. ففي عام ٢٠٠٤م كان بالصين حوالي ٢٠ مليون منشأة صغيرة لتوليد الغاز الحيوي ، وفي الهند حوالي ٢٠٠ ألف منشأة، وفي البرازيل نحو عشرة آلاف منشأة، وفي ألمانيا حوالي ٢٤٠٠ منشأة.

يعد الغاز الحيوي منافساً للغاز الطبيعي من حيث الخصائص الطبيعية وطاقة الاحتراق، ويوضح جدول (١) مقارنة بين الغاز الحيوي والغاز الطبيعي الحر أو المصاحب للنفط والذي عادة ما يكون مصاحب لعمليات إنتاج البترول.

أساس تكون الغاز الحيوي

ينتج الغاز الحيوي عند تحلل المواد العضوية إلى مكوناتها الأساسية بفعل بكتيريا لاهوائية خاصة تعرف ببكتريا الميثان، وتسمى هذه العملية بعملية التخمير، وتحدث عملية التحلل غير الهوائي في الطبيعة بصور متعددة، وبشكل بطئ وتدريجي، وذلك في أعماق البحيرات والتجمعات المائية وأعماق التربة، وفي أماكن جمع النفايات. تتم عملية التخمر بواسطة العديد من الكائنات الحية الدقيقة، منها: فطرة (Trichsporon Pullulans)، وخميرة (Saccharomyces Cerevisiae)، وبكتيريا (Clostridium Sporogenes)، و(Bacillus)، و(Pseudomonas sp)، وذلك على مرحلتين، هما:

● المرحلة الأولى

تتطلب هذه المرحلة مجموعة من البكتيريا اللاهوائية ـ يطلق عليها البكتيريا المكونة للأحماض ـ التي تنتج الأحماض العضوية كناتج جانبي من عملية التحلل الأولي للمادة العضوية.

الخاصية	الغاز الطبيعي	الغاز الحيوي
ـ غاز الميثان (٪حجماً)	٨٥-٩٠	٦٠-٨٠
ـ ثاني أكسيد الكربون (٪حجماً)	٠,٥-١	٢٠-٣٥
ـ غاز النيتروجين (جزء في المليون)	١	٥٠٠
ـ غاز النشادر (جزء في المليون)	٠	١٠٠
ـ الطاقة المنتجة (كيلو وات ساعة/ ١م٣)	١٠	١-٦
ـ الكثافة (كيلو جرام/م٣)	٠	١,١٦

● جدول (١) مقارنة بين الغاز الحيوي والغاز الطبيعي.

● المرحلة الثانية

تتطلب هذه المرحلة مجموعة أخرى من البكتيريا ـ تعرف بالبكتيريا المكونة للميثان ـ تقوم بتكسير الأحماض العضوية وإنتاج غاز الميثان كمنتج جانبي لتلك العملية.

ينتج من عملية التخمر إلى جانب غاز الميثان (٦٠-٨٠٪) غازات أخرى، مثل: غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة (٢٠-٣٥٪) ونسب قليلة من غازات النشادر، والهيدروجين، والأكسجين، والنيتروجين، وكبريتيد الهيدروجين الذي يسبب بعض الأضرار في المحركات والتمديدات المستخدمة في منشأة الغاز الحيوي على الرغم من وجوده بتركيز قليل لا يزيد عن ١٠٠ مليجرام في المتر المكعب الواحد من الغاز.

مكونات وحدة إنتاج الغاز

يفضل أن تكون وحدة إنتاج الغاز قريبة من محطة توليد الطاقة التي تعمل عادة بحرق الغاز الحيوي في محرك احتراق

داخلي، وتتكون هذه الوحدة من أجزاء كثيرة أهمها ما يلي:

● حجرة التخمير

حجرة التخمير عبارة عن: حيز تمارس فيه الكائنات الدقيقة اللاهوائية عملها في تحليل المادة العضوية وهي الجزء الرئيس في الوحدة، ويجب أن تكون خالية تماماً من الأكسجين ومقفلة بإحكام حتى لا يدخل إليها الهواء، ويتجمع فيها الغاز ولا يتسرب منها إلا عن طريق الأنبوب المخصص لذلك. تتراوح الفترة اللازمة لعملية تحلل المادة العضوية ما بين ١٠ إلى ٥٣ يوماً بحسب درجة حرارة الحجرة والمادة المستخدمة للحصول على الغاز. وقد تكون عملية التخمير جافة، إلا أن التخمير الرطب أسرع وأكثر كفاءة؛ ولذا ينتشر في المناطق الزراعية بشكل أكبر من التخمير الجاف.

تبنى حجرة التخمير على شكل حفرة تحت سطح الأرض بشكل عمودي أو أفقي، ومن ثم تبطن من الداخل بالخرسانة، أو الفولاذ، أو بنوع من اللدائن البلاستيكية المقاومة للتفاعل مع المواد الناتجة، ولضمان استمرارية تدفق الغاز؛ فإنه يجب إنشاء عدة حجرات للتخمير في نفس المكان.

● حجرة التغذية

تتكون حجرة التغذية (Inlet chamber) من حجرة صغيرة يكون مستوى قاعها أعلى من مستوى قاع حجرة التخمير. تتصل حجرة التغذية ـ عادة ـ مباشرة بحجرة التخمير عن طريق أنبوب لتسهيل عملية التغذية.

● حجرة المخلفات

تتكون حجرة المخلفات (Outlet chamber) من حجرة صغيرة على الجانب الآخر من حجرة التخمير ومقابلة لحجرة التغذية. تستخدم هذه الحجرة لجمع المخلفات المتبقية بعد إتمام عملية التحلل، والتي هي عبارة عن مواد عضوية تستخدم في تخصيب التربة لزيادة فعاليتها في الزراعة.

● أجزاء إضافية

يساند حوض التخمير بعض الأجهزة والمضخات والأحواض الأخرى، مثل: جهاز تكسير المواد العضوية وطحنها، وجهاز فرز المواد غير الملائمة للتخمير، إضافة إلى مضخات تغذية وتفريغ حوض التخمير، وأحواض لتخزين المواد سواء لتجهيزها لحوض التخمير أو للتخلص من المواد المتعفنة، إلى جانب أنابيب لنقل الغاز الحيوي، وخزانات لحفظه، ووسائل أخرى للتخلص من الغازات والشوائب كغاز كبريتد الهيدروجين.

تقدير طاقة الغاز الحيوي

يعد الغاز الحيوي مصدراً جيداً لتوليد الطاقة، ويكثر اللجوء إليه في المناطق النائية التي يتعذر وصلها بشبكة الطاقة الرئيسية في المدن، إذ يستخدم وقوداً للإنارة والتدفئة والطهي وتشغيل المحركات لتوليد الكهرباء في الأرياف والقرى الصغيرة والمناطق البعيدة.

يمكن حساب الطاقة الناتجة عن استخدام الغاز الحيوي للحصول على طاقة كهربائية مقدارها ١٠٠ كيلووات لتشغيل مزرعة صغيرة على النحو التالي:

١ـ يقدر إنتاج البقرة الواحدة من الروث بحوالي ١٢ كيلوجرام يومياً، ويعني ذلك أن عشر بقرات تنتج حوالي ١٢٠ كيلو جرام يومياً.

٢ـ وجد أن ١٢ كيلوجرام من الروث تعطي حوالي ٨ متر مكعب من الغاز الحيوي.

٣ـ وجد أن كل متر مكعب من الغاز الحيوي يعطي حوالي ١,٢٥ كيلووات من الطاقة

الاستخدام	مكافئ ١م٣ من الوقود الحيوي
الإضاءة	٦٠-١٠٠ شمعة لمدة ٦ ساعات
طهي الطعام	طهي ٣ وجبات لعائلة من ٥-٦ أفراد
الطاقة المحركة	تشغيل محرك بقدرة حصان لمدة ساعتين
توليد الكهرباء	توليد ١,٢٥ وات ساعة

● جدول (٢) مكافئات ١م٣ من الوقود الحيوي.

الكهربائية، أي ما يعادل طاقة حرق الوقود البترولي بمعدل ٠,٦ / لتر.

وعليه: فإن ١٢٠ كيلوجرام من الروث تعطي ٨٠ متراً مكعباً من الغاز الحيوي، وهذه تعطي ١٠٠ كيلووات.

أما بالنسبة للفضلات فإن معدل إنتاج الغاز الحيوي لكل واحد كيلو جرام من الفضلات ذات نسبة رطوبة ٣٥٪ يساوي ٠,٠١ متر مكعب في اليوم، وعند ارتفاع نسبة الرطوبة إلى ٧٠٪ يتضاعف حجم الغاز الحيوي الناتج منها يومياً.

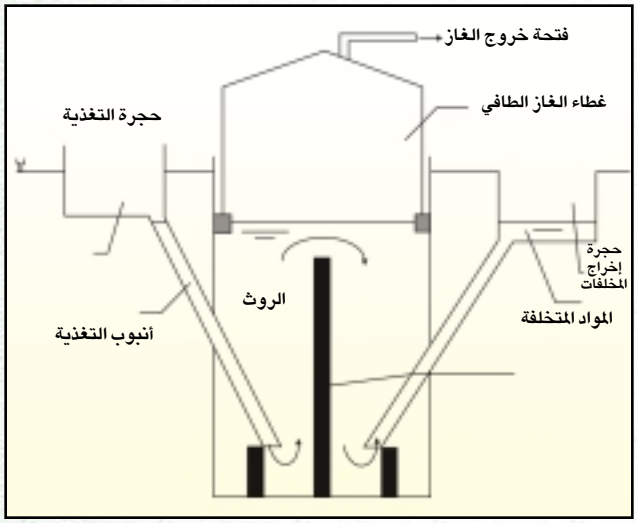
يبين الجدول (٢) الطاقة المكافئة لمتر مكعب من الغاز الحيوي وفقاً للاستخدامات المختلفة.

وعلى هذا تصنف محطات إنتاج الغاز الحيوي حسب حجمها وقدرتها الإنتاجية من الغاز إلى أربع درجات، هي:

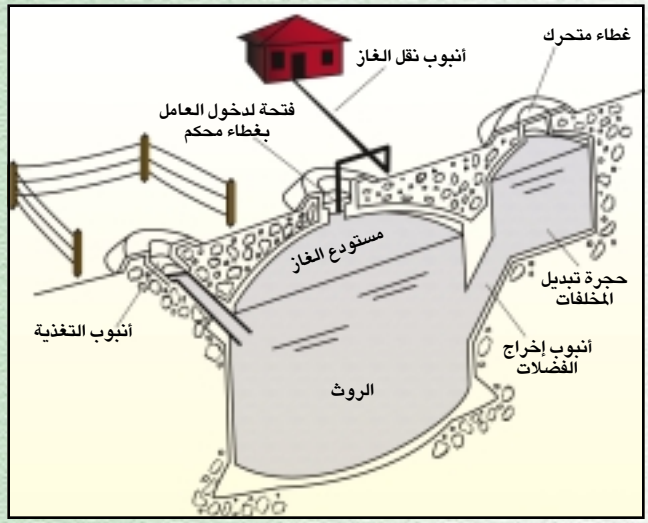
* **محطات صغيرة:** وهي التي يقل إنتاجها من الغاز الحيوي عن ٤٠ متراً مكعباً في اليوم، وهذه تغطي الاحتياجات المنزلية.
* **محطات متوسطة:** وهي التي يتراوح إنتاجها من الغاز الحيوي ما بين ٤٠ إلى ١٢٠ متراً مكعباً في اليوم.
* **محطات كبيرة:** وهي التي يتراوح إنتاجها من الغاز الحيوي ما بين ١٢٠ إلى ٤٠٠ متراً مكعباً في اليوم.
* **محطات كبيرة جداً:** ويطلق عليها المحطات التجارية، وهي التي يزيد إنتاجها عن ٤٠٠ متراً مكعباً في اليوم.

أنواع وحدات إنتاج الغاز

تصنف منشآت توليد الغاز الحيوي بحسب شكل حجرة التخمير، إلى نوعين رئيسيين، هما:



● شكل (١) مكونات المخمر الهندي.



● شكل (٢) مكونات المخمر الصيني.

● المخمر الهندي

يعد المخمر الهندي: شكل (١)، من أشهر أحواض التخمير أو مفاعلات الغاز الحيوي المستخدمة، إذ يتم بناؤه تحت الأرض بشكل اسطواني يدخل إليه قضيب معدني مصمت ينزلق ضمن أنبوب مفرغ في وسط قبة معدنية حافظة يمكن لها أن ترتفع وتنخفض تبعاً لارتفاع ضغط الغاز أو انخفاضه، وللمخمر حوضان فوق سطح الأرض، يستخدم أحدهما لتغذية المخمر بالمادة العضوية وبه حجرة لخلط المواد العضوية بالماء، في حين يكون الحوض الثاني في مستوى أقل، ويشكل مخرجاً للمواد العضوية المتخمرة، ويتم وصل الحوضين بأنبوبين قطر كل منهما ١٥ سم تقريباً.

● المخمر الصيني

يمتاز المخمر الصيني، شكل (٢)، بأنه يشبه القبة، ويسمح بوجود كمية كبيرة من الغاز الحيوي أثناء تكونه، ويفضل عند بدء عملية التخمير، وضع كمية من المواد العضوية سابقة التخمير أو خلط المواد العضوية بالماء وتركها لمدة من الزمن، ويكون حجم المواد العضوية بنحو ١٥٪ من الحجم الكلي لمفاعل الغاز الحيوي (حجرة التخمير)، ويبدأ تكون الغاز الحيوي بعد حوالي ١٥ يوماً، ويعتمد ذلك على درجة حرارة مفاعل الغاز الحيوي.

شروط عملية التخمر

يلزم لحدوث عملية التخمير وتكوّن الغاز الحيوي عدم وجود الهواء، كما يلزم إجراؤها تحت درجة حرارة ملائمة، ويتم ذلك في مفاعل الغاز الحيوي أو حوض التخمير. وتصنف درجة الحرارة في حجرة التخمير إلى مستويات ثلاثة، هي كالتالي:

١ـ التخمير البارد: وتكون درجة الحرارة فيه ما بين ١٥ إلى ٢٠°م، وتبقى المواد العضوية في حوض التخمير مدة طويلة نسبياً ، وتنتج كميات قليلة من الغاز.

٢ـ التخمير الساخن: وتكون درجة الحرارة فيه ما بين ٢٥ إلى ٤٠°م، وتكون مدة تخمير المواد العضوية متوسطة ، وتنتج كميات متوسطة من الغاز.

٣ـ التخمير الحار: وتكون درجة الحرارة فيه ما بين ٤٠ إلى ٦٥°م، وتقل مدة بقاء المواد العضوية في حوض التخمير، وتنتج كميات كبيرة من الغاز.

استخدامات الغاز الحيوي

يستخدم الغاز الحيوي وما يتخلف عن عملية إنتاجه في كثير من الاحتياجات اليومية خصوصاً في المناطق النائية التي لم تصلها الشبكات الرئيسية للكهرباء ، منها ما يلي:

● توليد الكهرباء

يتم استخدام الغاز الحيوي لتشغيل آلات الاحتراق الداخلي التي تقوم بإدارة المولدات الكهربائية، التي تنتج الطاقة الكهربائية اللازمة للمناطق النائية والمزارع البعيدة، ويمكن ربطها بالشبكة العامة التي تغذي المناطق الحضرية.

● السماد

يتخلف عن عملية إنتاج الغاز الحيوي بواسطة التخمير اللاهوائي: سماد يتمتع بمواصفات عالية وقيمة غذائية متميزة، حيث يتميز بدرجة تجانس عالية تسهل من عملية استهلاكه من قبل النباتات، كما يتميز بخلوه من الروائح (يتخلص من ٨٠٪ منها)، إضافة إلى تميزه بعدم إقبال الحشرات عليه، وخلوه من الكربون

● روث الحيوانات.

والهيدروجين والأوكسجين نتيجة لاستهلاكها من قبل الكائنات الدقيقة أثناء عمليات التخمر اللاهوائي، واحتواؤه على العناصر الهامة للنبات مثل: البوتاسيوم والفسفور والنيتروجين، وخلوه من الديدان والبذور الضارة.

يعمل هذا السماد دوراً حيوياً في نمو النباتات نتيجة لتحسن خواص التربة عند استخدامه. ومن الجدير بالذكر أن كمية السماد المستخلصة من محطات توليد الغاز الحيوي تشكل حوالي ٩٠٪ من المادة المستخدمة في حجرة التخمير.

● المواصلات العامة

نجح استخدام الغاز الحيوي - إلى حد ما - في تشغيل بعض وسائل النقل العام كما في المدن النمساوية مثلاً. وقد ساهم استخدامه في تشغيل وسائل المواصلات العامة بقسط كبير في حماية البيئة من التلوث؛ حيث يمنع تسرب غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الجو مما يقلل من فرص الاحتباس الحراري، ولكن من معوقات استخدامه عدم توفر محطات لتعبئته.

● تخليص البيئة من النفايات

يعاني سطح الكرة الأرضية من بلايين الأطنان من النفايات التي يخلفها الإنسان في نشاطاته اليومية، التي تسبب المشاكل له ولبيئته، ولذا تعد محطات إنتاج الغاز الحيوي من أهم الوسائل لتخليص البيئة من تلك النفايات دون الحاجة إلى نقلها إلى أماكن إلقاء النفايات التي تكلف جهوداً مضنية وأموالاً طائلة، كما أن استخدام الفضلات في إنتاج الغاز الحيوي يؤدي إلى التحسن في الوضع الصحي العام، والتوازن البيئي.

● حماية المياه الجوفية

يساهم التخلص الآمن من المخلفات عن طريق استخدامها في إنتاج الغاز الحيوي في حماية المياه الجوفية من التلوث؛ لأن هذه المخلفات إذا دفنت في مدافن أو تركت على سطح الأرض؛ فإنها ستتحلل فتنطلق منها الغازات السامة إلى الجو وتختلط الملوثات بالتربة، ومن ثم تتسرب مع مياه الأمطار إلى باطن الأرض فتلوث المياه الجوفية.

● تقوية الاقتصاد

يعمل إنتاج الغاز الحيوي على تقوية الاقتصاد الوطني عن طريق التقليل من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية المكلفة في كثير من الأحيان، إضافة إلى تأمينه فرص عمل في الأرياف مما يخفف من تكدس السكان في المدن.

● استخدامات أخرى

يستخدم الغاز الحيوي في تدفئة المنازل والبيوت المحمية الزراعية، والتجفيف الصناعي والزراعي، ومعالجة الفضلات، وهدرجة بقايا الأطعمة، كما يعاد جزء منه إلى غرفة التخمير لتسخين المواد المنتجة للغاز الحيوي وذلك للمحافظة على درجة الحرارة المطلوبة.

معوقات استخدام الغاز الحيوي

هناك الكثير من المشكلات التي لازالت قائمة تعيق استخدام الغاز الحيوي بشكل واسع، منها:

١- عدم إمكانية توزيع ونقل الغاز الحيوي عن طريق شبكة الغاز الطبيعي، حيث تحتاج إلى إيجاد تقنيات مناسبة وأسعار مقبولة.

٢- يتطلب استعمال الغاز الحيوي كوقود في وسائل النقل العام أن يكون منتشراً ومتاحاً في كل مكان.

٣- بالرغم من احتواء الغاز الحيوي على نسبة ضئيلة (لا تتجاوز ١٠٠ ملجرام/متر مكعب) من غاز كبريتيد الهيدروجين إلا أنه يجب التخلص منها لأنها تسبب أضراراً جسيمة في المحركات التي تستخدمه.

٤- يحتاج الغاز الحيوي إلى دراسات وتطوير وسائل إنتاجه للوصول إلى جودة الغاز الطبيعي؛ لكي يمكن ضخه في شبكة الغاز الطبيعي. كما يجب العمل على تسريع عمليات التحلل الحيوي للمواد العضوية والتحكم بها، وتزويد وحدة الإنتاج بتجهيزات للتحكم بعملية التلقيم، وتجهيزات خاصة لسحب المواد المتخلفة عن عملية التحلل.

العالم العربي والغاز الحيوي

يفتقر الريف العربي إلى تطبيق تقنية إنتاج الغاز الحيوي والاستفادة منها بشكل جيد، ولكي يتحقق ذلك: فلا بد من الحصول على بعض المعلومات مثل أماكن تواجد المخلفات العضوية وكميتها، ومدى صلاحيتها للمعالجة، وجدواها الاقتصادية، والطرق المناسبة لتسويق الغاز في حالة إنتاجه، وكيفية الحصول على الدعم المادي لإنشاء محطات توليد الغاز، وقبل ذلك يجب نشر الثقافة العلمية في تلك المجتمعات لتوضيح أهمية مثل هذه المشاريع على البيئة والمجتمع كوسيلة مأمونة وذات مردود اقتصادي جيد؛ للتخلص من النفايات والمحافظة على نظافة البيئة التي يسبب تراكمها أضراراً بيئية وصحية خطيرة. ومع ذلك فهناك محاولات لبعض البلدان العربية، منها:

● سوريا

بدأت تنتشر هذه الطريقة من خلال التعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في عدة قرى في كل من حمص واللاذقية، وقد ساهم هذا المشروع في إمداد عدد لابأس به من المزارع، وقد أثبتت هذه التقنية فعاليتها من حيث توفير المال والجهد والوقت على صاحبها.

● الأردن

تم إنشاء مشروع توليد الغاز الحيوي في الأردن في مكب نفايات