أنواع الوقود الحيوي

د. طه عبدالوهاب الصميدعي ..... د. محمد عبدالاله الشكرجي
كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة الموصل
قسم علوم الحياة

يستخدم الوقود الحيوي إما بشكل مباشر كالحرق لإنتاج الطاقة، فعند حرق الأخشاب مثلاً تتولد طاقة حرارية تستعمل بشكل مباشر للطهي والتسخين والإضاءة والتدفئة، وإما بشكل غير مباشر إذ تتم معالجة الكتلة الحيوية لإنتاج أنواع متعددة من الوقود التي تستعمل لتشغيل محركات السيارات والحافلات مثلاً أو لتوليد الطاقة الكهربائية.

ويمكن تقسيم الوقود الحيوي من ناحية الشكل أو الحالة إلى ثلاثة أنواع: -

1- الوقود الحيوي الصلب Soled Biofuel:

استخدم هذا النوع منذ القدم، **والذي يتحصل عليه بحرق الكتلة الحيوية** المتحصل عليها من الأخشاب والقش والنباتات الجافة والفحم والمخلفات النباتية ومخلفات مصانع قصب السكر وعصير الفواكه ومعاصر زيت الزيتون كما يشمل فضلات الحيوانات (سماد وروث) وكذلك القمامة وغيرها **ويستعمل في الطهي والتسخين والإضاءة**. وفي الواقع، فإن وقود الكتلة الحيوية الصلب، يمكن أن يستعمل بشكل مباشر كما هو في الطبيعة، إلا أنه في كثير من الأحيان تتم معالجته لرفع قيمته الحرارية. فالخشب يحوّل إلى فحم بإزالة الماء منه وكذلك المواد المتطايرة والمواد العضوية الأخرى. والفحم الأسود يكون محتواه من الكربون مرتفعاً ويتراوح بين 85 و95%، وهو يحترق بحرارة عالية وكفاءة أعلى من الخشب، وقد استعمله الحدادون قديماً لصهر المعادن كما استعمل وقوداً لصهر الزجاج والتدفئة.

2- الوقود الحيوي السائل Liquid Biofuel:

يُعدُّ الوقود السائل من أفضل أنواع الوقود ويكون على شكل أيثانول حيوي يستخرج من تخمير المحاصيل المحتوية على السكريات أو النشويات كالذرة والقمح وقصب السكر أو يكون على شكل زيت ديزل الحيوي يستخرج من المحاصيل الزيتية كفول الصويا ودوّار الشمس او من الطحالب وغيرها ويحتل هذا النوع على الاهتمام الأكبر في عملية الانتاج من بين أنواع الوقود الحيوي، إذ يسهل نقله بالأنابيب وتخزينه، ويتم استخراجه من كثير من المواد الحيوية ويستعمل خصوصا في وسائل النقل وتشغيل المحركات ومولدات الطاقة الكهربائية وغيرها. **ويتضمن الوقود الحيوي السائل الأنواع التالية:**

1- الديزل الحيوي Biodiesel:

ينتج الديزل الحيوي من التفاعل الكيميائي بين الزيوت النباتية Plant Oilاو زيوت الطحالب Algal Oilأو اي زيوت اخرى مع محفز من الكحول، ومن خلال تفاعل الأسترة التبادلية حيث يتم إنتاج الديزل الحيوي. وقد عرف الإنسان لأول مرة تفاعل الأسترة في عام 1853م لزيوت نباتية وتم خلالها تشغيل أول محرك ديزل بزيوت نباتية منتجة من حبوب الفول السوداني لتشغيل محرك الديزل، ويصنع الديزل الحيوي من بعض الزيوت النباتية مثل زيت بذور اللفت وبذور الصويا وزيت النخيل والخردل وزيت نبات الجاتروفا، ويجرى حالياً استخدام الطحالب لإنتاج الديزل الحيوي من زيوتها، ويمكن استخدام الزيوت الطازجة أو الزيوت المستعملة لأغراض الطبخ بعد إجراء معالجة بسيطة لها، كما يمكن خلط تلك الزيوت مع الديزل أو النفط الأبيض.

2- الإيثانول الحيوي Bioethanol:

يصنع الإيثانول من كثير من المواد العضوية بما فيها الذرة والقمح وقصب السكر والأعشاب البحرية ويعد السليلوز المكوّن الرئيس لكثير من الأجزاء النباتية والذي يتم الحصول عليه من المخلفات الزراعية ومن بقايا تصنيع الورق. لكن أفضل مصدر لصناعة الإيثانول هو قصب السكر نظراً لاحتوائه على السكريات التي يتم تخميرها لتتحول إلى كحول. اجريت أول محاولة لتصنيع الإيثانول من الأخشاب في ألمانيا في عام 1898م، حيث استخدم الكحول الاثيلي بشكل مضاف مع البنزين أو أي محروق اخر لزيادة فعالية الاحتراق، كذلك يستخدم وقود الإيثانول كوقود في خلايا الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية.

3- الوقود الحيوي الغازي Gas biofuel:

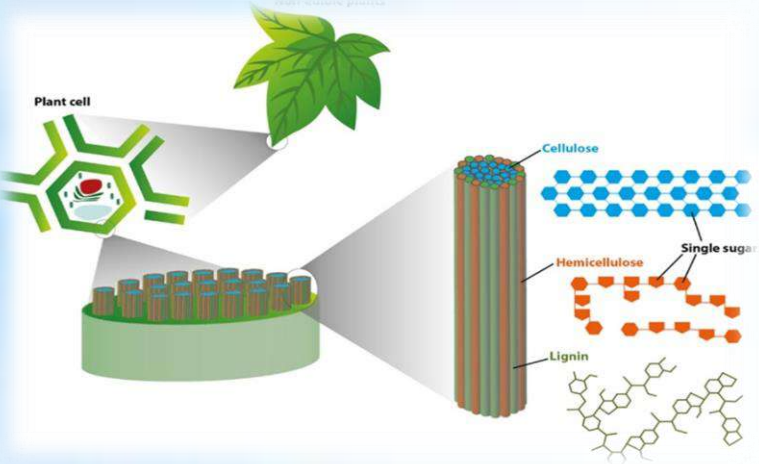
ينتج الغاز الحيوي Biogasمن تحلل المادة العضوية التي ينتج عنها غاز قابل للاشتعل كغاز الميثان الذي يمكن تجميعه والاستفادة منه كطاقة بديلة. ويتم انتاجه من تخمر الفضلات العضوية لا هوائياً، وهو يحتوي على خليط من عدة غازات، أهمها الميثان وثاني أكسيد الكربون ونسب قليلة من الأمونيا والنيتروجين والهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت. ويستعمل هذا الغاز على نطاق واسع في المجتمعات الريفية في الهند وباكستان ويعرف باسم غاز **«جوبار»**، حيث يتم إنتاجه من روث الحيوانات والمخلفات العضوية، ويستخدم للطهي وإنتاج الطاقة الكهربائية وتشغيل المحركات.

الكتلة الحيوية للكائنات الحية:

تستخدم الكتلة الحيوية الآن في انتاج مستدام لطاقة الوقود الحيوية ويمكننا من تلبية الطلب المتزايد على استهلاك الطاقة نتيجة النمو السكان الهائل وأيضاً تزايد الأنشطة التنموية للحياة اليومية. تتضمن عمليات الانتاج الان على تطوير أساليب او تقنيات تحويل الطاقة العالية مع تامين ادوات تخزين الطاقة. وفي الفترة الحالية يبذل الباحثون الكثير من الجهود لزراعة الكتلة الحيوية في المختبرات العلمية والتي نجدها أكثر كفاءة وفعالية. **من أصناف الكتلة الحيوية المساهمة بشكل فاعل في انتاج الطاقة هي** :-

1-الكتلة الحيوية النباتية: Plant Biomass

لكي نعرف كيف يتم تحويل النباتات إلى وقود ومواد كيميائية مفيدة، يجب أن نفهم أولاً تكوين التركيب الداخلي للنباتات، حيث تكون جدران الخلايا النباتية مسؤولة عن وزن النبات كله تقريباً وتتكون من ثلاثة جزيئات معقدة تسمى السليلوز والهيميسليلوز واللجنين (الشكل 8).



الشكل (8): يوضح هذا الشكل التركيب الأساسي لأنسجة النباتات، بدءًا من مستوى الورقة (الجزء العلوي: "النباتات غير الصالحة للأكل)، والتكبير حتى المستوى الخلوي (اليسار: الخلية النباتية). كما نرى على المستوى الخلوي، جزيئات السليلوز الطويلة (الموضحة باللون الأزرق) متراصة بإحكام في صورة حزم محاطة بالهيميسليلوز (البرتقالي) واللجنين (الأخضر). يساعد هذا الهيكل المحكم في جعل أنسجة النبات قوية ومتينة.

يحتوي كل من الجزيء الأول وهو السليلوز والجزيء الثاني وهو الهيميسليلوز على كمية هائلة من وحدات بنائية من السكريات البسيطة، وجميعها مرتبطة ببعضها البعض في هيكل مضغوط يدعمه الجزيء الثالث وهو اللجنين. يجب تكسير جميع الجزيئات المعقدة الثلاثة في النباتات للوصول إلى الوحدات البنائية السكرية والتي يمكن تحويلها بعد ذلك إلى وقود حيوي. يعد استخدام الكثير من المواد الكيميائية القوية لتفكيك أنسجة النبات من ضمن الطرق المستخدمة لتجزئة الكتلة الحيوية، ومع ذلك يمكن أن تكون هذه المواد الكيميائية باهظة الثمن أو سامة، ومن ضمن الحلول الممكنة المطروحة هي استخدام مذيب معين **ويعرف المذيب في علم الكيمياء بأنه السائل أو الغاز الذي يمكن استخدامه لإذابة مادة أخرى، والتي تسمى المذاب.**

يستخدم معظمنا المذيبات كل يوم حتى إن لم نكن ندرك ذلك. فأحياناً نستخدم مذيبات محددة لإتمام المهمة على سبيل المثال، المياه قد تذيب بودرة الكاكاو لإعداد الشيكولاتة الساخنة ولكنها لن تعمل على إزالة طلاء الأظافر وبالتالي ستحتاج إلى مادة كيميائية تسمي الأسيتون أو خلات الإيثيل.

ويشترط في المذيب الجيد المستخدم في مجال تحليل خلايا النبات واستخدامها في انتاج الطاقة ان يكون:-

(أ) رخيص الثمن.
(ب) مستدام.
(ج) يُحلل النباتات بشكل جيد.

2- الكتلة الحيوية الميكروبية Microbial Biomass:-

يعد اكثار الكتلة الحيوية الميكروبية عملية مهمة جداً لزيادة اعداد الميكروبات وان النظام الخلوي هو المسؤول عن أي عمليات أيضية وكذلك العناصر الغذائية الأخرى الداخلة في تركيب الكتلة الحيوية الخاصة بها. تتأثر انتاج الكتلة الحيوية الميكروبية بالظروف الزراعية، وتوافر المواد الغذائية، وبنية الخلية البيولوجية والعوامل الفيزيائية مثل درجة الحرارة ودرجة الحموضة ومستويات محتوى الأكسجين وجوده او غيابه أو اية عوامل أخرى. من المعروف أن هناك أنواعاً مختلفة من الكتلة الحيوية الميكروبية ويتم اكثارها من خلال العمليات البيولوجية لنموها وتطورها وكذلك العمليات الايضية والإنزيمات. يمكن تصنيع هذه الكتل الحيوية عن طريق زيادة اعداد الخلايا البكتيرية والفطرية والخميرة والطحالب الخضراء المزرقة والطحالب الخضراء الكبيرة أو الدقيقة فضلا عن كذلك الخلايا النباتية. ويمكن أن يساعد تصنيع الكتلة الحيوية من هذه الكائنات في المعالجة البيئة وانتاج المواد الحيوية (كالصبغات الحيوية، والبروتين أحادي الخلية، وطاقة الوقود الحيوي، وأنواع مختلفة من الأحماض العضوية، والوقود الكحولي وغيرها من المنتجات)

وفيما يلي وصف لأنواع الكتلة الحيوية الميكروبية:-

1- الكتلة الحيوية البكتيرية Bacterial Biomass:

توجد البكتريا بكثرة في الكثير من البيئات فمثلا في مياه الصرف الصحي المطروح من صناعة الأغذية تتواجد البكتيريا الأرجوانية غير الكبريتية Burple Non Sulfur Bacteria (PNSB)والتي يمكن تنميتها صناعيا تحت ضروف معينة لزيادة كتلتها الحيوية. ويمكن للبكتريا النمو على **مصادر كربون رخيصة** مختلفة مثل سكر المولاس ومصل اللبن ومستخلص قشور البطاطس والقشور العضوية وقشور الموز وبقايا قصب السكر وبالتالي استغلال السكريات من هذه المواد الخام الكربونية الرخيصة وانتاج كمية أكبر من الكتلة الحيوية للخلايا. قد تصبح هذه البكتيريا اداة فاعلة للمهتمين في إنتاج الوقود الحيوي الصديق للبيئة. وبما ان التركيب الضوئي أحد العمليات الحيوية الرئيسية على الأرض فأنه توجد القليل من الشعب البكتيرية أيضا لديها القدرة على البناء الضوئي. حيث تم تسجيل ستة شعب بكتيرية قادرة على القيام بعملية التركيب الضوئي، ومن هذه الأنواع المسجلة هي البكتيريا المتبرعمة *Gemmatimonadetes*المعزولة من بحيرة للمياه العذبة التي تمتلك جينات فريدة تعرف بالجينات العنقودية. تتطلب التقنيات الحديثة نقل الجينات العنقودية إلى بكتيريات أخرى ثم توظيفها لانتاج الدهون، مثلاً نقل المحتوى الجيني إلى البكتيريا الإشريكية القولونية *Escheirichia coli* الأمر الذي يمكّنها من استخدام أشعة الشمس لإنتاج الوقود الحيوي وذلك لان هذه البكتريا متواجدة بوفرة. وهذا ما يجعلها مناسبة جدا للعمل المستقبلي إذا ما تم تعديلها، أي إيجاد وسيلة تمكن بكتيريا الإشريكية القولونية من القيام بعملية التركيب الضوئي بواسطة التكنولوجيا الحيوية Biotechnology، وبالتالي تكون قادرة على إنتاج الوقود الحيوي بطريقة اقتصادية أكثر .ويعد الديزل الذي تنتجه سلالات معيّنة من هذه البكتيريا يكاد يكون مطابقاً لوقود الديزل التقليدي وبالتالي لن تكون هناك حاجة لمزجه مع منتجات بترولية .

2- الكتلة الحيوية للطحالب الدقيقة Microalgal Biomass:

تعد زراعة الطحالب الدقيقة لانتاج الكتلة الحيوية من التقنيات التي تساعد في معالجة البيئة وكذلك توليد وقود الديزل الحيوي. كما أن البكتريا الزرقاء (الطحالب الخضراء المزرقة) يمكن أن تنتج الهيدروجين الحيوي باستخدام طاقة ضوء الشمس. تم التعرف على الية تخليق الزيت داخل خلايا الطحالب، كما يمكن استخدام الكتلة الحيوية القادمة من المحيطات للطحالب الدقيقة في انتاج الديزل دون استخدام الأراضي الزراعية ومياه الشرب. حيث يتم زراعة الطحالب الدقيقة بمساعدة الضوء والماء وثاني أكسيد الكربون وكمية صغيرة من المعادن لما تملكه من معدلات نمو سريعة ، فضلا عن زراعة الطحالب على مدار العام وهي حقيقة يمكن أن تؤدي إلى انتاج طاقة أكثر استقراراً .هناك العديد من سلالات الطحالب قادرة على إنتاج كميات كبيرة من الزيت (الدهون)، فمثلا عند دراسة الطحالب البحرية الدقيقة وجد أن سلالة الطحلب *Chlamydomonas sp.* JSC4وهو نوع جديد من الطحالب الخضراء الموجودة في المياه قليلة الملوحة، يتمتع بمزايا عديدة كمعدل النمو السريع والمحتوى العالي من الدهون .حيث تم زراعة الطحالب في وسط حاوي على ثاني أكسيد الكربون باعتباره مصدرا للكربون، ووجد ان بعد أربعة أيام من بدء الحضانة، كان أكثر من 55% من وزن الخلية عبارة عن كربوهيدرات (النشا بشكل أساسي)،

وعندما تمت إضافة الملح إلى وسط الحضانة، لوحظ انخفاضاً في محتوى الكربوهيدرات وزيادة في محتوى الدهون، وبعد سبعة أيام من بداية الحضانة تحول أكثر من 45% من وزن الخلية إلى زيت، وفي بداية فترة الحضانة لوحظت جزيئات النشا داخل الخلايا إلا أن هذه الجزيئات اختفت في الماء المالح وظهرت مكانها قطرات الزيت، كما وجد أن مسار التخليق الحيوي لإنتاج الكربوهيدرات يتباطأ بينما في الوقت نفسه يتسارع مسار إنتاج الدهون الثلاثية (Triglyceride) والذي يعد المكون الرئيسي للزيت، بمعنى آخر أدت إضافة المحلول الملحي إلى تحويل المسار من إنتاج النشا إلى إنتاج الزيت النفط. ووجد أن النشاط الإنزيم المسؤول عن تفكيك النشا يزداد في محلول الماء المالح، ويعد الاهتمام بالكتلة الحيوية للطحالب الدقيقة وتوظيفها لإنتاج المستحضرات الغذائية عالية القيمة، والمنتجات الحيوية، والأعلاف الحيوانية، والوقود المتجدد، هو اولوية كبيرة، وتشمل مزايا اخرى كزيادة استخدام الأراضي غير الصالحة للزراعة وسحب المغذيات من مياه الصرف الصحي واحتجاز الكربون بسهولة وتنمية سلالات جديدة بشكل أسرع. فضلا عن ذلك التكيف مع مجموعة واسعة من الظروف البيئية ادى إلى تطوير تنوع جيني كبير في الطحالب الدقيقة.

3- الكتلة الحيوية الفطرية Fungal Biomass:

لقد وجد أن السليلوز النباتي يتحول إلى وقود حيوي ومواد كيميائية حيوية من الجيل الثاني .حيث تتم هذه التحويلات من قبل الأنواع الفطرية التي تلعب دوراً أساسياً في دورة الكربون في النظام البيئي. ولكن المواد اللكنوسيليوليز lignocellusoic تحتوي على بوليمرات عطرية مقاومة والتي تعد عائقاً رئيسياً في عملية تخليق الوقود الحيوي. لذا يجب أن يتم تحليل لليجنين أولا بواسطة المايكروبات. وتُعرف الفطريات بأنها المستهلك الرئيسي للكتل الحيوية النباتية، وهذه الخاصية موجودة في فطريات العفن الأبيض من الفطريات البازيدية. تم التعرف على هذا النوع من الفطريات التي تحول هذه المواد العطرية النباتية إلى مواد أبسط. وأظهرت هذه الانواع قدرتها على تحليل مكون اللجنين والمونومرات العطرية وان من مكونات اللجنين هذه لها طبيعه سمية لمعظم الفطريات لكن بمستوى منخف. وتعد الفطريات خيار جيداً وحظيت باهتمام كبير في إنتاج الوقود الحيوي من الإيثانول والديزل الحيوي والغاز الحيوي. حيث يتم الحصول على الإيثانول الحيوي عندما يتم تحويل الكتلة الحيوية الليجنوسليولوزية (النفايات الزراعية) إلى خليط من السكريات الاحادية عن طريق المعالجة الأولية الإنزيمية بمساعدة الفطريات. علاوة على ذلك، فإن العديد من الفطريات الزيتية مثل أنواع Zygomycetes تعد مواد خام ذات قيمة لإنتاج الديزل الحيوي، لأنها غنية بحمض الأوليك وحمض البالمتيك وهي احماض دهنية. وبصرف النظر عن هذا، فإن الفطريات اللاهوائية تمتلك خزين من التجمعات متعددة الإنزيمات التي تعمل على تحسين هضم الكتلة الحيوية المختلفة لإنتاج الغاز الحيوي. لقد برز استخدام الكتلة الحيوية الليجنوسليولوزية المتوفرة بكثرة كمواد خام للوقود الحيوي كبديل مستدام للوقود الأحفوري. قدرة الإنزيمات الفطرية بتحلل السكريات المتعددة النباتية إلى سكريات بسيطة. وقد استخدمت مجموعة متنوعة من الأدوات مثل الهندسة الوراثية للفطريات، والجمع بين الأنواع المختلفة، وتغيير الظروف المختبرية لتعزيز تفكيك الكتلة الحيوية والتخمير مع حل العقبات مثل المركبات المثبطة.

4- الكتلة الحيوية للخميرة Yeast Biomass :

يتم استكشاف التخليق الحيوي للوقود الحيوي من خلال استخدام الكتلة الحيوية السليلوزية أو بقاياها ومن هذه المادة الخام، لا يزال تخليق الوقود الحيوي يواجه تحديات معقدة في التكنولوجيا الحيوية الصناعية. ويتم حالياً ستخدام العديد من أنواع الأنظمة الميكروبية بما في ذلك خلايا الخميرة لحل العديد من التحديات لتحويل النفايات إلى وقود حيوي ويمكن حل تلك التحديات من خلال تطبيق التلاعب الجيني بخصائص النمط الظاهري. فمثلا يمكن استخدام سلالة *Saccharomyces cerevisiae*كمضيف أولي للهندسة الأيضية لمسارات توليد الوقود الحيوي. فضلا عن العديد من الأدوات الوراثية والأنظمة والبيولوجيا التركيبية الأخرى التي يمكن تطبيقها أيضًا لتعديل هذه العمليات الحيوية. وتفتقر الأنواع البرية من أنواع الخميرة الأخرى عموماً إلى أدوات التعديل هذه ولا يمكنها إيواء النمط الظاهري أو السمات المتفوقة. على النقيض من سلالة *S. cerevisiae*، وجد أن الخميرة الزيتية مثل سلالة *Yarrowia lipotytica* قادرة على تكوين وتجميع الدهون بكميات عالية ويمكن استخدامها من خلال التطور إلى شكل متقدم باستخدام أدوات مثل التلاعب الأيضي. توجد الخميرة الزيتية بشكل طبيعي وتتطور في اتجاه تخليق الأحماض الدهنية (في شكل دهون متعادلة) وتراكمها داخل الخلية، هناك العديد من الأساليب الهندسية المتاحة التي يمكن أن توسع نطاقات الركائز لاستهلاكها وكذلك أنواع مختلفة من تكوين المنتجات من الخميرة المعدلة وراثياً. وقد شهد التقدم الأخير في توظيف أربعة أنواع من الخميرة الزيتية الأكثر شيوعاً، وذات قابلية كبيرة في تصنع الدهون وغيرها من الوقود وهذه الأنواع من الخميرة هي *Yarrowia lipotytica*و *Lipomyces starkeyi*و *Rhodosporidium toruloides* و *Cutaneotrichosporon oleaginuous* . ويمكن اعتبار كل هذه الجهود الرامية إلى تحسين قدرات هذه الخميرة في مجال تخليق الطاقة الحيوية.

الجيل الأول من الوقود الحيوي

د. طه عبدالوهاب الصميدعي ..... د. محمد عبدالاله الشكرجي
كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة الموصل
قسم علوم الحياة

الجيل الأول من الوقود الحيوي:

ينقسم الوقود الحيوي من الجيل الأول بشكل أساسي إلى **الإيثانول الحيوي و الديزل الحيوي**. في هذا الجيل يتم استخدام السكر والنشا والزيوت النباتية أو الشحوم الحيوانية باستخدام الطرق التكنلوجية التقليدية لانتاج الوقود الحيوي بنوعيه حيث يتم استخدام الحبوب او البذور مثل الحنطة والحاوية على النشا وبعمليه التخمر لتحويل النشا الى سكريات مثل الكلوكوز والذي بدوره يتخمر ويتحول الى ايثانول ويعتمد إنتاج الإيثانول الحيوي في الجيل الأول على التخمير الميكروبي **للمواد الأولية الصالحة للأكل،** وتشمل السلالات المايكروبية التجارية على سبيل المثال كالخمائر. بينما يتم الحصول على الديزل الحيوي بشكل أساسي من بذور النباتات كبذور اللفت أو فول الصويا أو زيت النخيل، وخلال الأزمة العالمية للطلب على الغذاء أصبحت المحاصيل المستخدمة للجيل الاول من الوقود الحيوي أكثر أهمية لاستخدامها كغذاء، مما أثار الجدل الدائر حول **«الغذاء مقابل الوقود»**. كما أدت زيادة الطلب على المحاصيل (كالذرة مثلا) لإنتاج الوقود إلى ارتفاع أسعار تلك الأغذية في السوق. يستخدم الايثانول الحيوي والذي يتم خلطه مع البنزين بنسب مئوية معينه مثلاً 15% او 5% والذي يستخدم في وسائط النقل بسهوله دون أي تحويرات في محركات السيارات خصوصا الصالون منها فمثلاً يخلط 15% ايثانول حيوي مع 85% بنزين اعتيادي والذي لوحظ ان كفائه الاحتراق لهذا الخليط جيده وتقلل من انبعاثات غاز ثنائي اوكسيد الكاربون على عكس البنزين ذو المنشأ الاحفوري.

أهم مصادر انتاج الجيل الاول من الوقود الحيوي: هناك مصادر استخدمت ككتلة حيوية لانتاج الجيل الاول من الوقود الحيوي أهمها:-

اولا ... المصادر النباتية:

1- **لانتاج الايثانول الحيوي** : صنفت المواد الخام ضمن ثلاث فئات رئيسية هي:-

(أ)... المحاصيل المحتوية على السكر: قصب السكر، القمح، جذر البنجر، الفواكه، عصير النخيل، إلخ.

(ب)... النشا المحتوي على محاصيل: الحبوب مثل القمح، الأرز، الذرة الرفيعة الحلوة والذرة وما إلى ذلك ونباتات الجذرية مثل البطاطس والمنيهوت.

2- **لانتاج الديزل الحيوي** استخدمت النباتات الزيتية الصالحة للاكل وصنفت موادها الخام كما يلي:

(أ)... زيت فول الصويا وزيت زهرة الشمس وزيت النخيل وزيت السمس وزيت بذور اللفت وزيت الزيتون.

(ب)... زيت الطعام المستعمل.

ثانياً... المصادر الحيوانية: وتشمل الدهون الحيوانية بما في ذلك الشحم، والشحوم الصفراء والدهون والدجاج وزيت السمك التي تستخدم لانتاج الديزل الحيوي.

عمليات التحويل الى الجيل الأول من الوقود الحيوي:

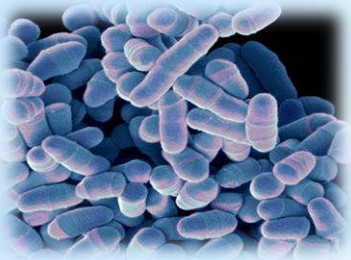
اولا.... عمليات التحويل الى الإيثانول Ethanol conversion processes: تتم من خلال استخدام مجموعة متنوعة من الكربوهيدرات التي تحتوي على مواد خام لإنتاج الإيثانول عن طريق عملية التخمير. يُطلق على الكحول المنتج من المحاصيل الغذائية الصالحة للاكل مثل الذرة والقمح والشعير والذرة الحلوة أسم **كحول الحبوب** (Grain Alcohol)، بينما يُعرف الإيثانول المنتج من الكتلة الحيوية السليلوزية مثل بقايا الأرز والقمح (أي قش الأرز وقش القمح) **ايثانول الكتلة الحيوي** (Biomass Ethanol). يتم إنتاج كل من هذه الكحول من خلال عمليات كيميائية حيوية تعرف بالتخمر.

بشكل عام يتكون الهيكل الكيميائي للنشا من بوليمر طويل من الكلوكوز حيث لا يمكن تخمير جزيئات النشا الكبيرة مباشرة إلى الإيثانول بواسطة التخمير لكن يتم اولاً تحطيم الهيكل الكبير لجزيئات النشا إلى جزيئات كلوكوز أبسط وأصغر ثم يتم خلط المواد الأولية للنشا بالماء لإنتاج محلول يحتوي عادةً على 15-20% من النشا. وبعدما ينضج هذا المحلول عند نقطة الغليان يعامل لاحقا نزيمياً. والإنزيم الأول هو الأمايليز يقوم بتحليل جزيئات النشا إلى سلاسل قصيرة للكلوكوز التي تسمى Dextrin و Oligosaccharides. ثم يتم تحلل الديكسترين والسكريات قليلة الوحدات بشكل أكبر بواسطة الإنزيم مثل البوليولانيز Pullulanase والكلوكوأمايليز glucoamylaseفي عملية تعرف باسم التسكر Saccharification. ثم تحول هذه العملية جميع الديكسترانات إلى الكلوكوز والمالتوز (المتكون من جزيئتين كلوكوز). ثم يتم تبريد المحلول إلى 30 درجة مئوية ثم تضاف بعدها الخميرة للتخمير.

عملية التخمر Fermentation process: يمكن تعريف مصطلح التخمر بأنها عملية التمثيل الغذائي التي تخضع فيها المواد العضوية لتغيرات كيميائية بسبب أنشطة الإنزيمات التي تفرزها الكائنات الدقيقة، وهناك نوعان أساسيان من التخمير (أ) الهوائي و (ب) اللاهوائي اعتماداً على وجود الأكسجين في العملية أم لا. هناك الآلاف من الكائنات الدقيقة في الطبيعة قادرة على توفير تغييرات تخميرية بعضها قادراً على إنتاج الإيثانول من السكر والنشا ويتم تصنيف الكائنات الحية الدقيقة المستخدمة في إنتاج الإيثانول إلى ثلاث فئات :-

الخمائر (Saccharomyces)

حيث تعمل الخميرة على تخمير النشا بعد ان يتم تفكيكها الى جزيئات كلوكوز واهم الامثلة على الخمائر هي:-

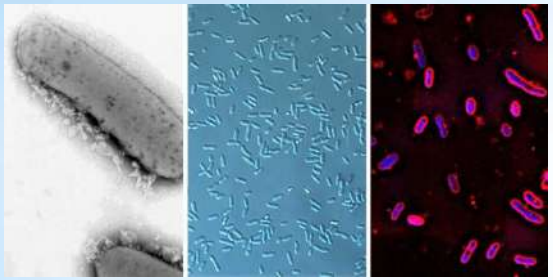


Saccharomyces cerevisiae
Saccharomyces pombe
Saccharomyces stipites
Kluyveromyces species

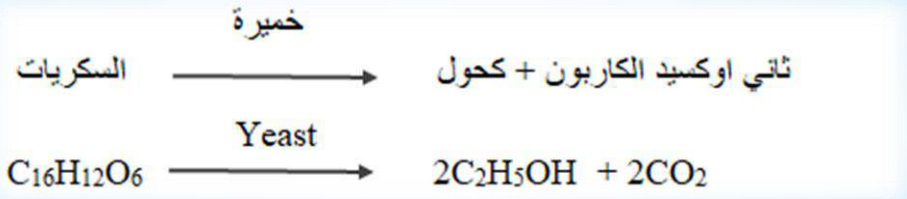
انواع من بكتريا الـ (Zymomonas) مثل البكتريا *Zymomonas mobilis*

خيوط العفن (Mold Mycelium). مثل اجناس الفطريات التالية:-

Aspergillus , Fusarium ,Trichoderma ,Rhisopus



تتواجد هذه الكائنات الدقيقة في الطبيعة بشكل كبير وهي انتقائية للغاية في خصائصها التخميرية، وبعضها تخمر بشكل خاص السكريات السداسية والخماسية أو كليهما وتمثل المعادلة التالية معادلة عامة للتخمر:
وفي ظل الظروف اللاهوائية تقوم الخمائر بتخمير الكلوكوز إلى الإيثانول، نظرياً تبلغ كفاءة تحويل الكلوكوز القصوى إلى الإيثانول 51% على أساس الوزن، ومع ذلك، يتم استخدام بعض الكلوكوز من قبل الخميرة لإنتاج كتلة الخلايا والمنتجات الأيضية الثانوية ، وبالتالي تقليل كفاءة التحويل من الحد الأقصى النظري ففي الممارسة العملية يتم تحويل ما بين 40 و 48% من الكلوكوز إلى إيثانول بكفاءة تخمير 46%، أي أن 1000 كجم من السكر القابل للتخمير ينتج حوالي 583 من الإيثانول النقي.



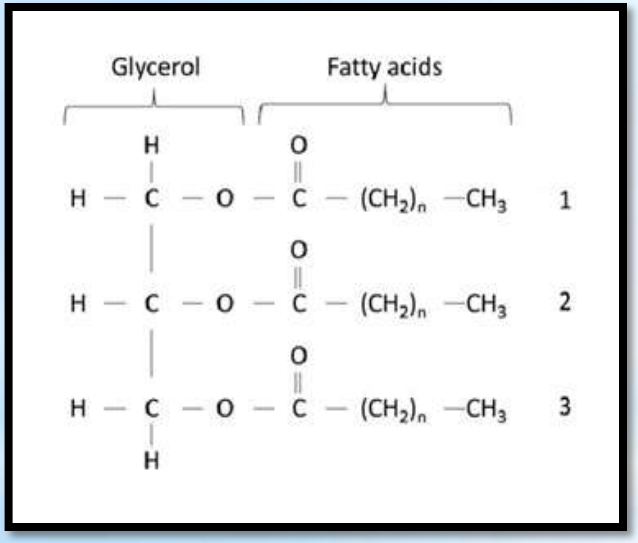
وفي ظل الظروف اللاهوائية تقوم الخمائر بتخمير الكلوكوز إلى الإيثانول، نظرياً تبلغ كفاءة تحويل الكلوكوز القصوى إلى الإيثانول 51% على أساس الوزن، ومع ذلك، يتم استخدام بعض الكلوكوز من قبل الخميرة لإنتاج كتلة الخلايا والمنتجات الأيضية الثانوية ، وبالتالي تقليل كفاءة التحويل من الحد الأقصى النظري ففي الممارسة العملية يتم تحويل ما بين 40 و 48% من الكلوكوز إلى إيثانول بكفاءة تخمير 46%، أي أن 1000 كجم من السكر القابل للتخمير ينتج حوالي 583 من الإيثانول النقي.

الإيثانول الحيوي Bioethanol:

الإيثانول هو كحول والذي عرف عند صناعة البيرة أو النبيذ. يتم تصنيعه عن طريق تخمير أي كتلة حيوية عالية في قيمة الكربوهيدرات (النشويات ، السكريات ، أو السليلوز) من خلال عملية مشابهة لتخمير البيرة. يستخدم الإيثانول في الغالب كمادة مضافة للوقود لخفض أول أكسيد الكربون في السيارة والانبعاثات الأخرى المسببة للضباب الدخاني.

ثانيا.... عمليات التحويل الى الديزل Biodiesel conversion processes :

تعتمد عملية تحويل الزيوت الدهون الى ديزل حيوي على المكون الرئيس هو الدهن حيث تصنيف الدهون على أنها جزيء بيولوجي قابل للذوبان في المذيب العضوي(غير ذائبة في الماء)، وعليه سوف يعطي مجموعة كبيرة من الأنواع والاشكال المختلفة، وان شكل الدهون الأكثر أهمية في إنتاج الوقود الحيوي يسمى بالحامض الدهني Fatty acid (FA)، كذلك يمكن أن تحمل جزيئات الدهون على شحنة وبالتالي يمكن تصنيفها إما على شكل دهون قطبية أو غير قطبية أو متعادلة، فمثلا تكون مجموعة الكاربوكسيل مرتبطة عند نهاية جزيء الحامض الدهني عند الرأس المتعادل غير المشحون مثل الكلسريرول، أو قد ترتبط به ثلاثة أحماض دهنية غالبا ما تكون مختلفة، وتتواجد الأحماض الدهنية بثلاثة مواضع مختلفة على جزيء الكليسيرول لتشكل ما يعرف بثلاثي الجليسريد (TAG) Triacylglycerols (الشكل 9).

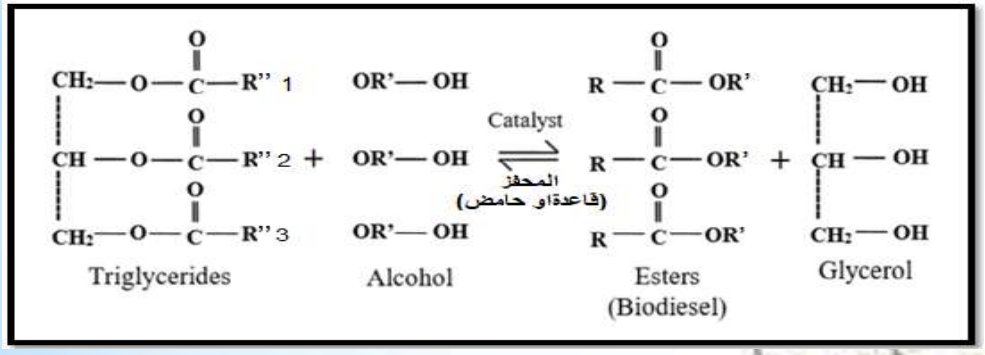


الشكل (9): التركيب الكيمياوي لثلاثي الكليسيرين وارتباطه بالأحماض الدهنية.

يمكن إنتاج وقود الديزل الحيوي من زيوت النباتات بعملية تعمل على تحويل الزيوت إلى ديزل حيوي وتسمى بالأسترة التبادلية Transesterificationوتكتسب إسترات الميثيل للحامض الدهني والقائمة على الزيت النباتي Fatty Acid Methyl Esters (FAME)، والمعروفة باسم وقود الديزل الحيوي، أهمية كبديل لوقود الديزل الصديق للبيئة.

الديزل الحيوي Biodiesel: هو ديزل بديل، مصنوع من مصادر بيولوجية متجددة مثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية عن طريق التفاعل الكيميائي للزيت أو الدهون مع الكحول، في وجود محفز متجانس أوغير متجانس منتجاً مزيج من إسترات الميثيل والتي تُعرف باسم وقود الديزل الحيوي مع الكليسيرول وهو منتج مشترك عالي القيمة.

وعملية الأسترة التبادلية هي عملية تبادل المجموعة العضوية "R في الأستر مع المجموعة العضوية 'R في الكحول وغالباً ما يتم تحفيز هذه التفاعلات عن طريق إضافة محفز حامضي أو قاعدي، ثم يتشكل الوقود الحيوي بناءاً على التفاعل الكيميائي للدهون الثلاثية والكحول مع عامل مساعد محفز مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) حيث ينتج أيضاً الكلسريرول كمنتج ثانوي، يوضح الشكل (10) التفاعل الكيميائي العام لتكوين الوقود الحيوي، وتمثل الجذور R1 و R2 و R3 السلسلة الطويلة من الهيدروكربونات في الأحماض الدهنية



الشكل (10): تشكيل الوقود الوقود الحيوي بعملية Transesterification

التعريف ببعض المصادر المهمة لانتاج الايثانول والديزل الحيويان:

د. طه عبدالوهاب الصميدعي ..... د. محمد عبدالاله الشكرجي
كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة الموصل
قسم علوم الحياة

التعريف ببعض المصادر المهمة لانتاج الايثانول والديزل الحيويان:

أولا : الذرة Corn :

تعتبر الذرة من أهم مصادر الجيل الاول للوقود الحيوي، ويعتبر الايثانول المستخرج من تخمير نشأ الذرة أكثر مصدار الطاقة الحيوية استداما، الا انها كانت محور لجدل قائم حول استخدام المحاصيل الزراعية التي تدخل في سلة غذاء الانسان للحصول على وقود. والذرة هي المصدر الرئيسي لوقود الإيثانول في العالم وتأتي معظم تلك الذرة من الولايات المتحدة. فمثلا منذ عام 2012 تم استخدام أكثر من 40% من محصول الذرة في الولايات المتحدة لإنتاج إيثانول الذرة الشكل (11)، وعلى الرغم من عدم استخدام كل الإيثانول المنتج كوقود حيوي.

الشكل (11): محصول نبات الذرة المستخدم لإنتاج الوقود الحيوي.

أهم مزايا الذرة التي جعلتها مصدرا جيدا للوقود الحيوي هي:-

1 - توفر البنية التحتية الزراعية والحصاد والمعالجة.
2 - عمليات تحويل بسيطة نسبياً لنشا الذرة إلى إيثانول.
3 - إمكانية استخدام باقي النبات (ساق، عرانيص فارغة، إلخ) لإنتاج الإيثانول أيضاً.

مساوئ الذرة هي:-

1 – لها متطلبات عالية نسبيا كمبيدات الآفات والأسمدة، وهذا ليس مكلفاً فحسب بل يؤدي أيضاً إلى تلوث التربة والمياه.
2 - تعد غذاءاً أساسياً للانسان وقد أدى استخدامه في الوقود الحيوي إلى ارتفاع أسعار الغذاء في جميع أنحاء العالم مما يؤدي حدوث مجاعة.
3 - معدل الإنتاج الحيوي للايثانول منخفض بمتوسط 350 كالوناً فقط من الوقود الحيوي لكل فدان.
4 - ارتفاع اسعارها تمنعها من أن تكون مادة أولية بديلة ق

ثانياً : فول الصويا Soybean

هو نبات حولي يعد غذاءاً للإنسان وعلفاً للحيوانات (الشكل 12). يزرع فول الصويا في الربيع وتظهر الأزهار البيضاء أو البنفسجية على النبات بعد ستة إلى ثمانية أسابيع وبعد حوالي أسبوعين يتم تكوين الأزهار التي تستطيل مكونة ثمارا بشكل قرون.

الشكل (12): بذور فول الصويا المستخدمة لإنتاج الايثانول.

تشمل مزايا فول الصويا ما يلي:-

1 - ينمو في العديد من المناطق

2 - سهل العناية والزراعة والحصاد.

تشمل عيوب فول الصويا ما يلي:-

1 - عائد الديزل الحيوي لا يتجاوز 70 كالوناً للفدان الواحد وهو الاقل بين انتاج أي محصول اخر.

2 - فول الصويا هو مصدر غذائي شائع، وبالتالي فإن استخدامه كوقود حيوي يهدد بشكل مباشر السلسلة الغذائية.

3 - تواجه عدداً من الأمراض النباتية والأعباء والآفات.

4 - يتطلب زراعة فول الصويا طاقة أكثر مما يمكن استخلاصه من الوقود المنتج منه.

ثالثا : قصب السكر Sugarcane

يتألف قصب السكر الداخل في الصناعة من سوق النبات ويشمل ثلاثة مكونات اساسية الاوراق الطرية الاوراق الجافة وقمم النبات (الشكل 14). تطحن السوق لاستخراج عصير القصب والذي يستعمل كسكر ويتحول الى كحول (ايثانول) كما في الجدول (1).

الجدول (1): ناتج المحاصيل مختلفة من الزيوت لكل هكتار.

المادة الخام	لتر زيت \هكتار
سمسم	696
زهره الشمس	952
فستق الحقل	1059
زيتون	1212
زيت النخيل	5950
فول الصويا	446

الشكل (14): نبات قصب السكر المستخدم لإنتاج الايثانول.

تشمل مزايا قصب السكر ما يلي:

1 - توفر البنية التحتية للزراعة والحصاد والمعالجة.

2 - عدم وجود تغييرات في استخدام الأراضي مما يوفر استقرار في المزارع.

3 - الغلة أعلى من محصول الذرة بمتوسط 650 كالون للفدان.

4 - يمكن أن تكون انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أقل بنسبة 90% من انبعاثات البنزين التقليدي عندما لا تحدث تغييرات في استخدام الأراضي.

تشمل عيوب قصب السكر ما يلي:

1 - على الرغم من وجود غلة أعلى من الذرة، إلا أنها لا تزال منخفضة نسبياً.

2 - مناطق قليلة مناسبة للزراعة.

3 - يعتبر قصب السكر من المواد الغذائية الأساسية في بلدان أمريكا الجنوبية والوسطى مثل الذرة، لا يعتبر قصب السكر حلاً قابلاً للتطبيق لاحتياجات الطاقة في العالم. الا أنه يناسب بعض البلدان كالبرازيل وعدد قليل من البلدان الأخرى جيداً.

رابعا: الزيوت النباتية

ويتم إنتاج وقود الديزل الحيوي من خلال عملية تجمع بين الزيوت المشتقة عضويا مع الكحول (الإيثانول أو الميثانول) في وجود عامل حفاز لتشكيل ايثيل أستر الميثيل أو يمكن مزجه ايثيل الميثيل أو استرات الكتلة الحيوية المشتقة مع وقود الديزل التقليدية أو استخدامها كوقود (100% وقود الديزل الحيوي). وقود الديزل الحيوي يمكن أن تكون مصنوعة من أي زيت نباتي، والدهون الحيوانية. وهناك مجموعة متنوعة من الزيوت التي تستخدم لإنتاج وقود الديزل الحيوي، وأكثرها شيوعا هي فول الصويا وبذور اللفت، وزيت النخيل والتي تشكل الغالبية العظمى (الشكل 15) والدهون الحيوانية بما في ذلك الشحم، والشحوم الصفراء ودهون الدواجن وزيت السمك من المنتجات يمكن أن تسهم نسبة صغيرة لإنتاج الديزل الحيوي في المستقبل.

الشكل (15): الزيوت النباتية.

مزايا الزيوت النباتية:

1 - من السهل التحويل إلى وقود الديزل الحيوي.

2 - إنها متاحة على نطاق واسع.

3 - يمكن استخدامها غالباً وبشكل مباشرة في محركات الديزل مع القليل من التعديلات.

عيوب الزيوت النباتية:

1 - إنها مادة وسيطة مهمة.

2 - عند عدم تكريرها يمكن أن يتسبب في تلف المحرك من خلال ترسب الكربون بسبب الاحتراق غير الكامل.

3 - استبدال الغابات الكبيرة القديمة بأشجار النخيل يزيد من انبعاثات الكربون ويضر بالتنوع البيولوجي.

استخلاص الزيوت النباتية من البذور والثمار الزيتية : ويتم ذلك بطريقتين هما:-

1 - العصر الميكانيكي.

تستخدم طريقة العصر الميكانيكي اولا ثم يلي ذلك استخلاص الزيت الباقي في المكبس بالمذيبات في حال البذور او الثمار ذات محتوى مرتفع من الزيت (اعلى من 20%), اما في حالة البذور او الثمار القاسية وذات المحتوى الزيتي المنخفض (اقل من 20%) مثل بذور فول الصويا فتستخدم مباشره طريقة استخلاص بالمذيبات دون اجراء عملية الاستخراج بالعصر الميكانيكي. وبشكل عام يبقى في مخلفات العصر الميكانيكي (الكبسة) للبذور او الثمار الزيتية نسبة من الزيت تتراوح بين 4-10% من وزنا وذلك حسب نوعية البذور ونوعية المكابس وطريقة طبخ البذور، تنقل الكسبة الناتجة بعد العصر الى وحده استخلاص الزيت المتبقي باستخدام المذيب مناسب حيث يبقى بعد الاستخلاص نسبة من الزيت تتراوح بين 1 – 1.5% وزنا في الكبسة الناتجة.

ومن أجل عصر البذور هناك عده خطوات هي :-

أ - تنظيف البذور

ب - ازالة الزغب من البذور الزيتية.

ج - تكسير البذور الزيتية وازالة القشور.

د - هرس البذور وتحويلة الى رائق.

ه - طبخ رقائق البذور الزيتية.

و - عصر البذور الزيتية.

وتتعلق كمية الزيت المستخرج بالعصر الميكانيكي بعده أمور أهمها :-

1 - نوعية البذور الزيتية.

2 – نوعية المكابس المستخدمة.

3 – كمية الضغط المطبق اثناء العصر.

4 – الفترة الزمنية خلال مرحلة العصر منذ البداية وحتى النهاية.

5 - جوده عمليه طبخ البذور الزيتية قبل العصر.

2 – **الاستخلاص بالمذيبات،** اذ يصل مردود الزيوت المستخرجة من البذور أو الثمار الزيتية ذات محتوى المرتفع من الزيت (20- 50%) الى حوالي 80 – 90% من محتوى الزيت الكلي في حاله استخدام طريقة العصر الميكانيكي بينما يصل المردود الى حوالي 98-99% في حاله استخدام طريقة الاستخلاص بالمذيبات, لذلك فان طريقة الاستخلاص بالمذيبات تتميز بأهميتها الكبيرة في استخلاص اكبر كميه من الزيت وتقليل الفاقد المتبقي في الكبسة.

مبدأ عملية استخلاص المذيبات:

تعتمد عملية استخلاص الزيت من البذور الزيتية أو الثمار الزيتية او الكبسة على مبدا انتقال المادة (الزيت) من الوسط المرتفع التركيز (بذور, ثمار أو كبسة بعد العصر) الى وسط المنخفض التركيز وان انتقاء المذيب المستخدم يعتمد على عدد من الامور الهامه منها:-

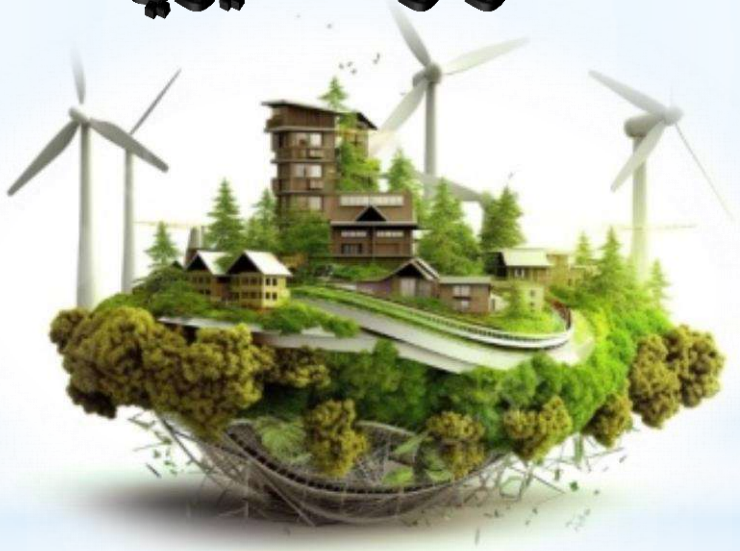
1 – قدرته على استخلاص الزيت بشكل جيد.

2 – تحقيق درجه امان جيده اثناء العمل.

3 – سعر منخفض وفاقد منخفض من المذيب اثناء العمل.

4 – سهوله فصل المذيب عن الزيت.

أمثلة لأنواع من الجيل الثاني للوقود الحيوي



د. طه عبدالوهاب الصميدعي ..... د. محمد عبدالاله الشكرجي
كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة الموصل
قسم علوم الحياة

أمثلة لأنواع من الجيل الثاني للوقود الحيوي:-

1. **الديزل الحيوي**

أمثلة عن أهم مصادر انتاج الديزل الحيوي من الجيل الثاني :-

أ- زيت شجرة الجاتروفا (ذهب الصحراء):

شجرة الجاتروفا والتي يحلو للبعض تسميتها البترول الأخضر أو الذهب الأخضر وهيه شجرة استوائية موطنها الأصلي أمريكا الجنوبية والوسطي وهي تتحمل الظروف البيئية حيث توجد زراعتها في معظم أنواع التربة وحتى التربة الصحراوية والصخرية. تتحمل شجرة الجاتروفا الجفاف بشكل ممتاز بل يمكنها أيضا تحمل درجات الملوحة العالية ودرجات برودة تحت الصفر ويمكن أن تروى الجاتروفا بمياه الصرف الصحي المعالج أو مياه الصرف الزراعي عالي الملوحة. متوسط عمر الشجرة 50 سنه أضف الى انها لا تحتاج إلى تسميد أو استصلاح أو مياه كثيرة فهي ليست بحاجة لأكثر من 250 ملم من المياه خلال العام ومع تلك البساطة في زراعتها لكنها غنية العائد من الناحية الاقتصادية.

وصف شجرة الجاتروفا:-

1- الجاتروفا *Jatrova curcas* شجرة تتبع العائلة Euphorbiaceae العائلة الفربيونية والتي يصل ارتفاعها الى 7-10 متر (شكل 1).
2- الاوراق بيضوية الشكل وخماسية التفصيص مسننة طولها 8.5 سم وعريضة وعنق الورقة طوله حوالي 11سم (شكل 2).
3- الأزهار فهيا حمراء او صفراء مخضرة والاسدية ملتحمة وعددها ثمانية (شكل 3).
4- الثمار كبسولة طولها 2.5 سم تقريبا تحتوي على ثلاثة بذور لونها اسود تشبه بذور الخروع لحد كبير(شكل 4). والشكل (5) يوضح مراحل تطور الازهار الى ثمار ثم بذور الجاتروفا.

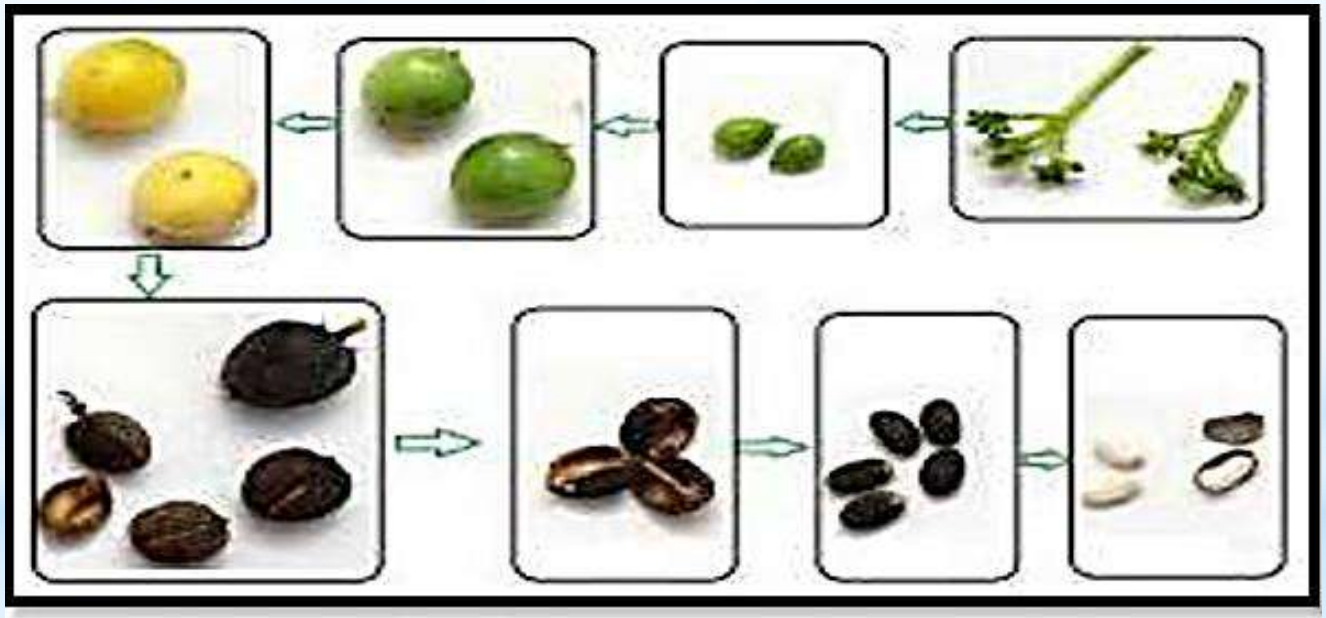
الشكل (1): شجرة واوراق الجاتروفا.

الشكل (2): زهرة الجاتروفا

الشكل (3): ثمار وبذور الجاتروفا.

الشكل (4): وبذور الجاتروفا.

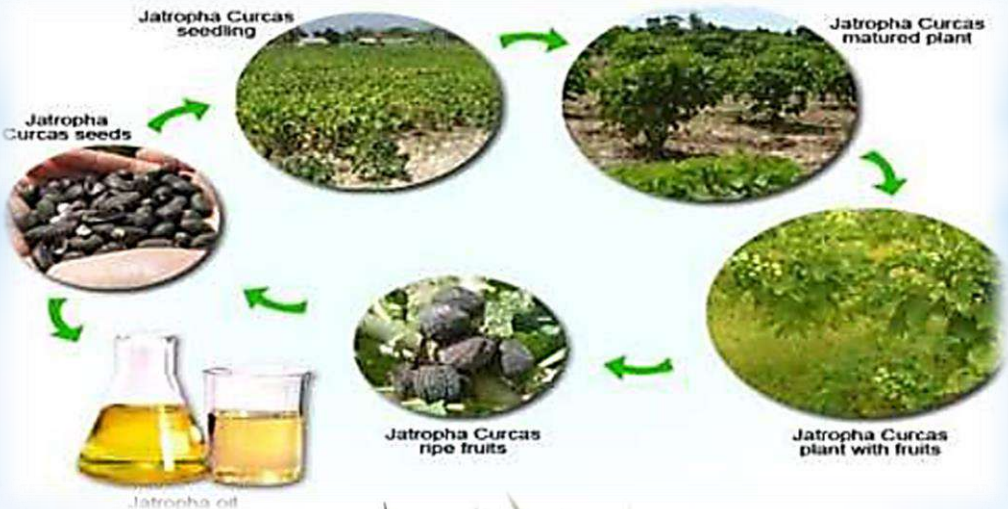
5- التزهير في أبريل ويتم الأثمار في مايو بذور الجاتروفا الناضجة.



الشكل (5): مراحل تطور الازهار الى ثمار ثم بذور الجاتروفا.

زيت الجاتروفا Jatrova oil :

يتميز نبات الجاتروفا أن نسبة الزيت في بدورها يتراوح ما بين 35-45% وهي سريعة النمو وتعطي ثمارها بعد سنتين ومتوسط إنتاج الشجرة الواحد 15 كيلو جرام من البذور سنويا ويدوم اثمارها حوالي 50 عاما. وإنتاج الميل المربع من الجاتروفا حوالي 2000 برميل من زيت الجاتروفا في العام (شكل 6). تستخدم هذا الشجرة المفيدة لإنتاج الوقود الحيوي والذي يعتبر حاليا مصدر متجدد لطاقة النظيفة البديلة وغير ملوث للبيئة حيث لا يحتوي زيت الجاتروفا على ثنائي أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون كما وأنه أكثر أمانا خلال النقل والتخزين مقارنة بالمنتجات البترولية سريعة الاشتعال والتي تحتاج لاحتياطات كبيرة عند النقل والتخزين.



لقد أصبح زيت الجاتروفا من الأهمية بمكان في دول الاتحاد الأوروبي وأمريكا وكندا واليابان وقد تم بفعل انشاء محطات تزويد وقود الجاتروفا للسيارات وماكينات الديزل في هذه الدول وتشترط الدول الأوربية أن يتم يخلط من 5% - 8% من زيت الديزل في الاستخدام الصناعي والسيارات كأحد الشروط البيئية في تلك الدول مما أعطى أهمية كبيرة لزراعة النباتات المنتجة لهذا النوعية من زيوت ذات العائد الاقتصادي والتصديري المرتفع حيث هناك ارتفاع متزايد في الطلب على هذا المنتج في هذا الدول مع العلم ان زيت الجاتروفا أغلى من زيت البترول الخام بمعدل 30%. وخلط البيوديزل بنسبة 20% يمكن استخدامه في جميع ماكينات الديزل ويتفق مع معظم معدات التخزين والتوزيع حيث أن نسبة الخلط 20% وأقل منها لا تحتاج لأي تعديلات في الماكينة بل يمكن أن تؤدي نفس مستوى الأداء لوقود الديزل العادي وتنتج كل 3 - 4 كغم من بذور الجاتروفا ليتراً واحداً من زيت الخالص كما تستخدم المخلفات في صناعة الصابون اي انه يمكن الاستفادة من البذور وكافة مخلفات نبات الجاتروفا.

تفيد التقارير البحثية أن مميزات نبات الجاتروفا تكمن في قدرتها الخارقة على النمو والانتشار بسرعة عجيبة في كل البيئات الزراعية وتتحمل اقسى أنواع الجفاف مما يجعل نشر زراعتها على نطاق واسع أمر بالغ السهولة حتى في الصحاري الجافة والأراضي القاحلة وعلى جوانب الطرق وفي الأراضي الصخرية وكل الأراضي التي لا تصلح للاستثمار في زراعة المحاصيل التقليدية وقد امكن زراعتها بمياه الصرف الصحي المعالج. كما وتشير الدراسات ألي أن إمكان زراعة نبات الجاتروفا بمياه الصرف الزراعي رغم ارتفاع نسبة الملوحة الي انها لا تتطلب التسميد لذا أطلق عليها اسم ذهب الصحراء ولا عجب في أن تتسابق في زراعتها دول العالم.

مزايا شجرة الجاتروفا:

1- النمو الجيد في الأراضي منخفضة الخصوبة ولزيادة الإنتاج تستخدم جرعات صغيرة من المغنسيوَم والكبريت والكالسيوم.
2- النمو الجيد في الأراضي القلوية حيث أن الأشجار تقاوم الجفاف والملوحة حتى 10000 جزء في المليون مع العلم ان الإنتاج يتأثر عند تركيز 3500جزء في المليون.
3- النمو الجيد في الأراضي الرملية والصخرية والصحراوية.
4- تسمح الشجرة للمزارعين بدمج زراعة التربة مع المحاصيل الاخرى كمحاصيل الخضروات والفواكه والبن وقصب السكر حسب تجارب العديد من الدول.
5- سهولة الاستزراع والمقدرة العالية على تحمل الجفاف.
6- الإنتاجية الجيدة البذور حيث يمكنها إنتاج البذور في الظروف الملائمة مرتين وثلاث مرات في العام علما أن الإنتاج البذور يتفاوت حسب ظروف التربة والماء ويتراوح الإنتاج في الدول المختلفة والظروف المختلفة ما بين0.1- 25 طن للهيكتار.
7- تستخدم مخلفات زيت الجاتروفا في انتاج الغاز الحيوي Biogas . وكسماد عضوي لاحتوائها على نسبة من نتروجين.
8- تحتوي البذور على 30-40 % زيت تنتج كل 3 كغم من بذور حوالي لتر من الزيت.
9- البذور لا تفسد بالتخزين الطويل ويمكن استخلاص الزيت منها بطريق بسيطة.

زيت الطعام المستعمل (الديزل الحيوي من المخلفات):

يتم الحصول عليه من المطاعم والمنازل والمقاهي وغيرها. وهو ذو لون اسود في الغالب ورائحة قوية ويشمل زيت الطعام المستخدم كوقود حيوي ثلاثة انواع **اما الزيت الطازج او الزيت المقلي المستعمل تجاريا أو الزيت الطهي السكني.** حيث يتم جمعه بعدة طرق واليات ثم يتم معاملته بالتكرير والترشيح وتنقيته من الاحماض الدهنية الحرة. ثم يتم تخزينه تحت ظروف معينة توفر له عدم الانجماد شتاءً وعدم تسرب الماء اليه.

الاثر البيئي لزيوت الطعام المستعملة:

1- احتواءها على ملح الطعام السام بتراكيز عالية في البيئة.

2- يسبب احتراقه انبعاثات الدخان الاسود وثاني اوكسيد الكربون.

3- يعمل على غلق وانسدادات في شبكات الصرف الصحي من خلال ترسبه على جدرنها الداخلية.

وقد تم تطبيق برامج عديدة في عدة مدن في العالم بتجميع الزيت المستخدم وتكريره واعادة تصنيع الوقود الحيوي منه.

الغاز الحيوي Bio Gas

د. طه عبدالوهاب الصميدعي ..... د. محمد عبدالاله الشكرجي
كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة الموصل
قسم علوم الحياة

الغاز الحيوي Bio Gas:

للغاز الحيوي تطبيقات عديدة منها استخدامه في إنتاج الطاقة الحرارية والكهربائية وفي النقل كما في المحركات التي تعمل بالاحتراق الداخلي. ويمكن تخليق الغاز الحيوي عن طريق الهضم اللاهوائي للمخلفات الغذائية أو الحيوانية بواسطة بكتيريا في بيئة تفتقر إلى الأوكسيجين. ويحتوي الغاز الحيوي الذي ينتج عن ذلك على كمية كبيرة من غاز الميثان إلى جانب ثاني أكسيد الكربون، ويمكن انتاج الغاز الحيوي من خلال عملية التغويز، أي تحويل الكتلة الحيوية الصلبة إلى غاز حيوي. وتقوم عملية التغويز بتسخين الكتلة الحيوية في بيئة تتسم بانخفاض نسبة الأوكسجين فيها وارتفاع درجة حرارتها، حيث ُتتحلل تلك الكتلة ُلتطلق غازاً غنيا من الناحية التركيبية بالطاقة وقابل للاشتعال، أي ما يسمى "syngas" ويمكن حرق هذا الغاز باستخدامهً بدل من الغاز الطبيعي في توربين غازي لكي يدير المولدات الكهربائية. ويمكن ترشيح الغاز الحيوي الذي يترشح ّمن خلال عملية التغويز من أجل إزالة المركبات الكيميائية غير المرغوبة، ويمكن استخدامه في نظم لتوليد الكهرباء تتسم بالكفاءة وتجمع ما بين توربينات بخارية وتوربينات غازية لتوليد الكهرباء.

لمحة تاريخية للغاز الحيوي:

تحدث عملية التحلل اللاهوائي (أو التخمر) للمواد العضوية من حولنا في الطبيعة وقد حدثت منذ فترة طويلة جداً، وفي الواقع تعد البكتيريا التي تقوم بتفكيك المواد العضوية إلى غاز حيوي من أقدم الكائنات الحية على كوكب الأرض، فالاستخدام البشري للغاز الحيوي بالطبع لا يعود إلى الحاضر فقط، فإن بعض الأدلة القصصية تشير ان الاستخدامات الأولى للغاز الحيوي تعود للآشوريين في القرن العاشر والفرس في القرن السادس عشر، وفي الآونة الأخيرة أحدث القرن العشرين نهضة في كل من أنظمة الغاز الحيوي الصناعية والمنزلية. أكتشف الغاز الحيوي حديثا عام 1776 م في إيطاليا بواسطة الكسندر فولطا، وعرف **بغاز المستنقعات** حيث كان ينتج عن طريق تخمر المخلفات العضوية الحيوانية والبقايا النباتية وبعض المخلفات العضوية الصناعية بمعزل عن الهواء (بواسطة الكائنات الحية الدقيقة) فيتصاعد غاز قابل للاشتعال يعرف بالغاز الحيوي ويتكون أساسه الميثان.

تعريف الغاز الحيوي: هو غاز الميثان بالإضافة الى غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز كبريتيد الهيدروجين وينتج هذا الغاز نتيجة لتحلل المواد العضوية بفعل الأحياء المجهرية وتحت ظروف لاهوائية.

غاز الميثان CH_4:

هو أبسط هيدروكربون معروف، يتكون من تركيبة كيميائية بذرة كاربون واحده وأربع ذرات من الهيدروجين، وهو عديم اللون والرائحة وغير ضار يتطاير بالهواء كون وزنه أخف من الهواء (نصف كثافة الهواء)، وهو شائع ينتج من خلال تحلل المواد العضوية في غياب الأكسجين، ينطلق الى الغلاف الجوي عن طريق التحلل الذي يحدث في المصادر المواد العضوية في الطبيعية مثل الأراضي الرطبة والمحيطات والرواسب والنمل الأبيض والبراكين وحرائق الغابات.

يشكل غاز الميثان (CH_4) معظم الغاز الحيوي الناتج من العمليات البايولوجية للفضلات المختلفة، وهو الغاز الناتج عن تحلل المواد العضوية بطريقه التخمر اللاهوائي. والذي يتحرر من محطات معاجلة مياه الصرف الصحي، ومكب النفايات، ونظم إدارة السماد الحيواني. يتكون الغاز الحيوي في الغالب من غاز الميثان(CH_4) ومن ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2و كميات مختلفة من الماء H_2Oوكبريتيد الهيدروجين H_2Sوبعض كميات ضئيلة من المركبات الاخرى والتي يمكن ان تتواجد في الغاز الحيوي (مثل الأمونياNH_3، الهيدروجين H_2، النتروجين N_2، اول اوكسيد الكاربون CO، وتعتمد كمية كل غاز في الخليط على عدة عوامل مثل نوع الهضم ونوع المادة العضوية. **ويطلق اسم الغاز الحيوي على مخلوط الغازات الناتجة من تخمير المخلفات العضوية بمعزل عن الهواء وبمساعدة الميكروبات اللاهوائية،** وانتاج الغاز عملية حيوية تتم بفعل البكتريا عند توفر الظروف الملائمة لهذه الميكروبات للقيام بوظائفها الحيوية الطبيعية.

تركيب الغاز الحيوي ومكوناته:

أهم مكونات الغاز الحيوي هو الميثان، حيث انه كلما زادت نسبته ضمن المكونات كلما زادت نسبة الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الغاز الحيوي، أما غاز ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء فهما مكونان ليس بأهمية كبيرة، بينما وجود كبريتيد الهيدروجين والأمونيا يمكن ان يسبب مشاكل بيئية وذلك لإمكانية تشكيل اكاسيد الكبريت والنتروجين المسؤولة عن تشكل الأمطار الحامضية فيجب التخلص منهما.

وعموماً فإن مكوناته خليط الغاز الحيوي تتمثل بما يلي:

الميثان CH_4 (65- 75%).

ثاني أكسيد الكربون CO_2 (25- 30%).

النيتروجين N_2 (صفر – 10%).

الهيدروجين H_2 (صفر – 1%).

كبريتيد الهيدروجين H_2S (صفر – 3%).

الاكسجين O_2 (صفر%).

عملية انتاج الغاز الحيوي:

تتم عملية انتاج الغاز الحيوي بإضافة الماء الى الفضلات الحيوانية الناتجة عن الأبقار أو الاغنام أو الدواجن أو البقايا النباتية أو الفضلات البشرية ومن ثم يتم خلط هذه الفضلات بالماء واضافتها إلى المخمر بحيث تبقى عادة قمة خزان التخمر الاعلى نقطة فارغة لترك الحجم الكافي لتجميع الغاز في هذ الفراغ كما يكون مستوى المواد في أدنى مستوى من خزان التخمر مساويا لحوض الخروج حيث أن أي إضافة للمواد إلى خزان التخمر سوف يقابلها خروج نفس الحجم من المواد إلى حوض الخروج بحيث يبقى ارتفاع المواد في الخزان محافظا بداخله بشكل مناسب لإنتاج الغاز الحيوي وتمكث هذه المخلفات في خزان التخمر لفترة معينة لتقوم البكتريا بعملها وتحول كافي للمواد العضوية المختلفة ضمن سلسلة من التفاعلات المعقدة وتحولها الى ما يلي:-

1- مواد سائلة (السماد العضوي): والذي يتم تجميعه في حوض الخروج ليستعمل كأسمدة إما بشكل مباشر أو يجفف لاستعماله عند الحاجة.

2- مجموعة غازات تسمى (الغاز الحيوي): حيث يعمل التخمير المحكم الإغلاق الى تجمع الغاز في اعلى خزان التخمير وعند فتح المحبس أعلى خزان التخمير يخرج الغاز الحيوي عبر أنابيب الغاز ليصل إلى خزان تجميع الغاز ومن ثم إلى شبكة توزيع الغاز ليتم استعماله للمواقد أو في الطبخ أو الإنارة أو توليد الطاقة الكهربائية.

ويمكن استعمال جميع المخلفات العضوية (آدميه- حيوانية-نباتية) في انتاج الغاز الحيوي بواسطة الكائنات الدقيقة وتتفوق المخلفات الحيوانية على النباتية في هذا الصدد حيث تزداد عمليه التخمر صعوبة وتحتاج لوقت اطول في حاله المخلفات النباتية **كما انه كلما زادت نسبه اللجنين صعبت عملية تحلل المخلفات النباتية المستعملة.**

مصادر المواد العضوية الممكن استخدامها في انتاج الغاز الحيوي:

يمكن استخدام جميع المواد العضوية ولكن عادة تستخدم المخلفات وتمثل المخلفات الحيوانية والادمية والنباتية ومخلفات الصناعات الغذائية والقمامة وأهم تلك المواد المتاحة للاستخدام هي:-

1- **المخلفات الحيوانية**: تمثل مخلفات الماشية (الأبقار والأغنام والماعز والخيول) أهم المواد لتجهيز وحدات انتاج الغاز الحيوي وذلك نظراً لكبر كمياتها واحتوائها على العناصر اللازمة للهضم بنسب متوازن حيث تصل نسبة نسبة الكربون الى النتروجين حوالي 20-25 بالإضافة الى احتوائها على الفسفور والبوتاسيوم، وتكفي مخلفات لأربعة من الحيوانات لإنتاج الغاز اللازم لاستهلاك أسرة متوسطة.

2- **زروق الدواجن:** يعتبر زرق الدواجن (مخلفات الدواجن) من المواد الغنية والملائمة لإنتاج الغاز الحيوي رغم احتوائه على نسبة مرتفعة من النيتروجين ولذلك يفضل خلطه مع مخلفات عضوية أخرى تحتوي على نسب منخفضة من النيتروجين لضبط نسبه الكربون الى النيتروجين.

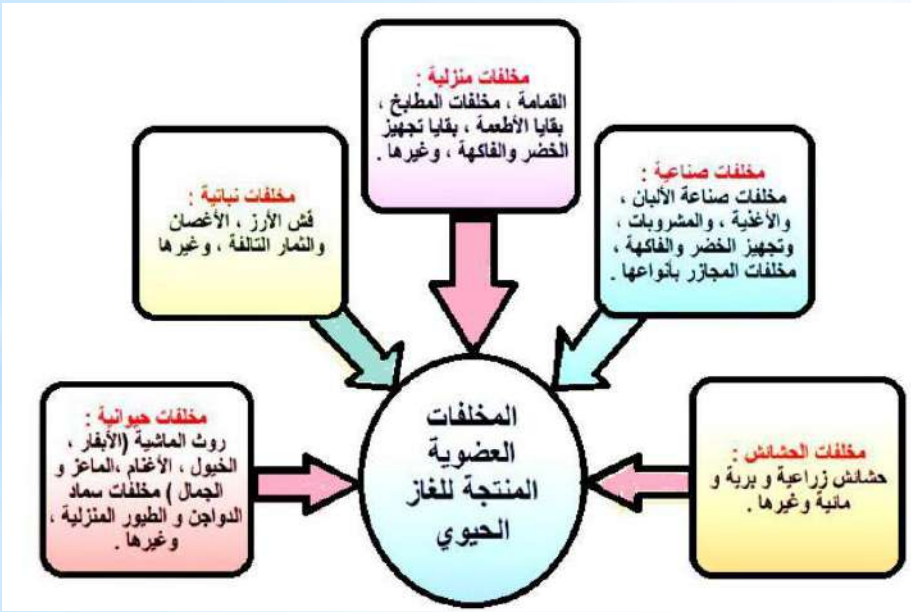
3- **المخلفات الأدمية:** تمثل المخلفات الأدمية (الفضلات البشرية) مصدراً هاماً ايضاً لإنتاج الغاز الحيوي رغم ارتفاع نسبة النيتروجين بها حيث تصل نسبة الكربون الى النيتروجين الى حوالي 6-10 لإنتاج كميه ملائمة من الغاز لاستهلاك اسرة متوسطة العدد يلزم هضم المخلفات الأدمية لحوالي 80-100 فرد.

4- **المخلفات الزراعية:** تمثل المخلفات الزراعية (كالقش وبقايا النباتات والثمار التالفة، مخلفات منزلية، بقايا الأطعمة وبقايا الخضر والفواكه) أهمية كبيرة بالنسبة لإنتاج الغاز الحيوي نظراً لتوفر كميات كبيرة منها وأن كان يلزم لها معاملة خاصة بالإضافة الى احتياجاتها الى بعض العناصر الواجب اضافتها مثل النيتروجين حيث تتراوح نسبة الكربون الى النيتروجين بين 60:8 وهي نسبة غير ملائمة للهضم ويفضل خلطها بمواد غنية بالنيتروجين مثل زرق الدواجن وروث الماشية ويفضل هضمها في الهواضم غير المستمرة (المتقطعة التغذية) بطريقة الهضم الجاف.

5- **النباتات المائية:** تمثل النباتات المائية النهرية آفاقاً واسعة لتعظيم دور الغاز الحيوي في المستقبل، وأهم أمثلة على ذلك نبات **ياسنت الماء** (نبات ورد النيل) الذي ينمو في الأنهار ونبات الـ Kelp(طحلب عشب البحر) الذي يمكن استزراعه في مياه البحار والمحيطات وقد ظهرت امكانية استخدامها بنجاح في انتاج الغاز الحيوي.

6- **المخلفات الصناعية العضوية:** تمثل مخلفات بعض الصناعات احتمالات كبيرة لانتاج الغاز الحيوي منها صناعات السكر والنشا وصناعات تعليب المواد الغذائية ومخلفات صناعة الورق بقايا ومصانع العصير والمعلبات ومخلفات المسالخ.

7- مخلفات منزلية (**القمامة**): مثل مخلفات المطابخ، بقايا الأطعمة، بقايا تجهيز الخضر والفاكهة وهي تمثل مجالا واسعاً لانتاج الغاز الحيوي وذلك نظراً لاحتوائها على نسبة مرتفعة من المواد العضوية القابلة للهضم (شكل 1).



الشكل (1): مخطط يوضح أهم مصادر المواد العضوية المستخدمة في انتاج الغاز الحيوي.

العوامل المؤثرة في إنتاج الغاز الحيوي:

هناك عدد من العوامل التي تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر في انتاج الغاز الحيوي من خلال تأثيرها على عملية التخمر اللاهوائي وتشمل:

1- البكتيريا:

حيث يكون لها الدور الاساسي في عملية تحلل المواد العضوية المركبة ويتم ذلك من خلال سلسلة من تفاعلات الاكسدة والاختزال ينتج عنها غاز الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وحامض الخليك والذي يتحول بدوره إلى غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون. **و**تم تصنيف البكتيريا إلى أربع أنواع حسب نوع المادة الخام المستخدمة بواسطتها كغذاء وتلك المنتجة بنهاية عملية التخمر:-

ا- **بكتيريا التحلل والتخمر:** وهي البكتريا المسؤولة عن تحول المركبات العضوية (كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون) إلى سكريات ونشويات وأحماض أمينية وأحماض دهنية ومركبات متعادلة ومركبات أبسط كحامض الخليك ومركبات أحادية الكربون اضافة الى الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون.

ب- **البكتيريا المنتجة للهيدروجين والخلات:** وهي البكتريا المسؤولة عن تحول منتجات المجموعة السابقة كالأحماض الدهنية والخليات كالبروبيوتيك والبيوتريك والمركبات المتعادلة كالإيثانول والبروبانول إلى هيدروجين وخلات.

ج- **البكتيريا المنتجة لحامض الخليك :**هذا النوع من البكتريا يعمل على نطاق واسع من المركبات العضوية أحادية أو متعددة ذرات الكربون ويحولها إلى حامض خليك.

هـ- **البكتيريا المنتجة للميثان :** وهي البكتريا المتستخدمة للهيدروجين، ثاني أكسيد الكربون، الخلات، الميثانول، أول أكسيد الكربون لإنتاج غاز الميثان.

2- الوسط الغذائي: أي المواد العضوية اللازمة لإنتاج الغاز الحيوي وخصوصا العناصر الضرورية لتغذية الأنواع المختلفة من البكتيريا المساهمة في عملية إنتاج الغاز الحيوي. وهذه العناصر يمكن تصنيفها في مجموعتين أساسية وثانوية: **اولاً...** العناصر الأساسية تشمل الكربون والنتروجين والفسفور والكبريت. **ثانياً...**الثانوية تشمل الكالسيوم والمغنيزيوم والزنك والحديد.

ولاستقرار عملية التخمر اللاهوائي يجب أن يكون هناك اتزان في مقادير ونسب هذه العناصر مع بعضها البعض، والنسبة بين عنصري الكربون والنتروجين تؤثر تأثيرا مباشرا على نشاط البكتيريا وخاصة المنتجة للميثان، فالكربون هو العنصر الأساسي لتزويد البكتيريا بالطاقة الضرورية للنمو أما النتروجين فهو ضروري لإنتاج الأحماض الأمينية.

3- درجة الحرارة :

تؤثر درجة الحرارة بشكل كبير على عملية التخمر وإنتاج الغاز الحيوي وذلك من خلال تأثريها على نمو البكتريا المختلفة المحللة للمواد العضوية والمنتجة للغاز الحيوي. إن البكتيريا المنتجة للميثان هي أكثر أنواع البكتيريا تأثرا بتذبذب درجة الحرارة لذلك صنفت بكتيرياً الميثان إلى ثلاث مجموعات وذلك حسب تكيفها مع درجات الحرارة ودرجة الحرارة المثلى لانتاج الميثان هي 30-40 مº.

4- درجة الحموضة pH :

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة في التخمر اللاهوائي إلى وسط متعادل لتتمكن من العمل بكفاءة حيث أن زيادة الحموضة او ارتفاع القاعدية تعيق نمو البكتريا. ان عملية التخمر اللاهوائي يمكن أن تقسم إلىمرحلتين **مرحلة إنتاج الأحماض** و **مرحلة تحويل الأحماض**، إن ارتفاع الحموضة في المرحلة الأولى شيء طبيعي والبكتيريا العاملة في هذه المرحلة متأقلمة (بكتيريا التحلل والتخمر وبكتيريا منتجة للخلات)، أما البكتيريا الفاعلة في المرحلة الثانية (مرحلة تحويل الأحماض) وهي بكتيريا الميثان تنمو وتعمل بكفاءة في وسط متعادل تقريبا تكون فيه درجة الحموضة (pH 6-8).

5- نسبة الكربون إلى النيتروجين N/C :

تحتاج بكتريا الاحماض وبكتريا الميثان إلى الكاربون والنيتروجين لنموها وتستهلكهم بنسبة 25–30% من الكاربون إلى 1% من النيتروجين.

6- معدلات التغذية بالمادة العضوية:

وهي كمية المواد العضوية المضافة للمخمر، لها أهمية كبيرة حيث أن زيادتها ترفع إنتاج الغاز، ولكن إلى حد معين لأن زيادتها أكثر من اللازم تؤدي إلى تراكم الأحماض العضوية وذلك يسبب عدم تكمن بكتريا الميثان من تحويلها الى غاز، وتختلف معدلات التغذية العضوية حسب تركيب المادة العضوية ونوع المخمر المستخدم وظروف التشغيل.

7- زمن بقاء المحلول:

هو عدد الأيام التي يبقى فيها خليط المواد داخل المخمر، وزمن البقاء الملائم تحكمه عوامل كثيرة منها ظروف التشغيل كدرجة الحرارة وطبيعة المادة العضوية المستخدمة وسهولة تخمرها ونوع المخمر المستخدم، والحد الأدنى لزمن البقاء تحدده سرعة التكاثر للبكتريا حيث يؤدي انخفاضه عن الفترة اللازمة لتكاثر البكتريا إلى توقف أو انخفاض إنتاج الغاز الحيوي.

8- **تسمم الوسط الغذائي** :

عملية التخمر اللاهوائي تتأثر سلبا وبدرجات متفاوتة بنسب وجود بعض المعادن الثقيلة أو حتى بزيادة في تركيز العناصر الغذائية الضرورية لنمو البكتيريا كالكالسيوم، المغنيزيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الحديد، الألمنيوم والكبريت. تكون أعراض التسمم في درجاته الدنيا عبارة عن بطيء أو نقص في معدل إنتاج الغاز وفي الحالات الحادة تتوقف تماما العملية الحيوية الكيميائية نتيجة لتسمم وموت البكتيريا بالرغم من أن كل أنواعً البكتيريا المساهمة في عملية التخمر اللاهوائي تتأثر بهذه السموم إلا أن تلك المنتجة للميثان أشدها حساسية وتأثرا.