مقارنة نظرية للسيطرة على الظروف التشغيلية المثلى باستخدام منظومة هاضم حيوي صناعي

د. محمد عبد السلام قاسم

كلية الطب -جامعة بغداد

drmak_kassim@yahoo.com

د. حسين تبينة كاظم جبر

كلية الهندسة/ جامعة بغداد

Alssadyhussyn@Yahoo.Com

حسن عباس حسين شاطي

hasan.abbas@duc.edu.iq

عمر عادل عبد الرزاق شهاب

eng.omaraa@most.gov.iq

عدي شريف حمزة ياسين

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
رمضان - ١٤٤٤هـ ، آذار - ٢٠٢٣م

ملخص البحث

تم إجراء دراسة بحثية نظرية لغرض إنتاج الغاز الحيوي من عمليات تخمير للمخلفات البلدية باستخدام مخمر ذي القبة إذ تُزاد المخلفات بوصفها مادة الصلبة بنسبة لا تتجاوز ١٠٪ وإن أفضل الظروف التشغيلية (درجة حرارة عند (٥٠) درجة مئوية أ والحامضية للخليط عند (٧) ، وزمن استبقاء هو (٣٠) يوما أ وزيادة روث البقر لخليط المخلفات بنسبة ٢٠٪ بوصفه عاملاً مساعداً) والذي يعطي غازاً حيوياً ما يقارب ٤ , ٧ لتر أي ما يعادل تقريبا ٦٠٪ من حجم المادة المزادة، وإن جميع الظروف علاه مسيطر عليها من خلال وحدة سيطرة متكاملة (SCADA) لغرض الحصول على أفضل عملية تخمير وتوليد للغازات الحيوية.

تم احتساب حجم المفاعل الكلي من خلال استخدام المخلفات البلدية بكمية ٥٠ لتراً أي: إن (كمية المادة الصلبة تكون ٥ لتراً للوجبة لكون المادة الصلبة يجب أن تكون بنسبة ١٠٪ من الحجم الكلي للمادة المزادة على المخمر) وزمن استبقاء ٣٠ يوماً تخمير فإن حجم المخمر الكلي يصل إلى ٣٦ , ٢ متراً مكعباً.

تم التوصل إلى أفضل معادلة تجريبية التي من خلالها يمكن الحصول على أفضل تولد للغاز الحيوي من خلال زيادة روث البقر للخليط بنسبة ٢٠٪ مع اختلاف الزمن وهي كالآتي:

Y=3E^(-0.08).X^74.8- E^(-0.006).X^60.00028+.X^50.008-.X^40.11+.

X^30.73-.X^22.3+ X^(-1.7)

الكلمات المفتاحية : مقارنة، السيطرة ، الظروف التشغيلية .

A theoretical comparison to control the optimal operating conditions by using an industrial bio-digester system

Dr. Muhammad Abdul Salam Qasim
College of Medicine - University of Baghdad
Dr. Hussein Tabina Kazem Jabr
College of Engineering/University of Baghdad
Hassan Abbas Hussein Shati
Omar Adel Abdul Razzaq Shehab
Uday Sharif Hamza Yassin

Abstract

A theoretical research study was conducted for the purpose of producing biogas from fermentation processes of municipal waste using a dome fermenter, where the waste is added as a solid substance at a rate not exceeding 10% and the best operating conditions (temperature at (50) degrees Celsius, acidity of the mixture at (7), time Retention is (30) days, adding cow dung to the waste mixture is 20% as a catalyst), which produce biogas approximately 7.4 liters, equivalent to approximately 60% of the volume of the additive, and all the above conditions are controlled through an integrated control unit (SCADA) For the purpose of obtaining the best fermentation process and the generation of biogases.

The total reactor volume was calculated by using municipal waste in the amount of 50 liters, meaning that (the amount of solid material is 5 liters per Batch because the solid material must be 10% of the total volume of the additive for the fermenter) and the retention time of 30 fermentation days, the total fermenter volume is up to 2.36 cubic metres.

The best empirical equation has been reached, through which it is possible to obtain the best biogas generation by adding cow dung to the mixture at a rate of 20% with different time, which is as follows

:y=3e^(-0.08).X^7-4.8 e^(-0.006).X^6+0.00028.X^5-0.008.X^4+0.11. X^3-0.73.X^2+2.3 X^(-1.7)

Keywords: comparison, control, operational conditions.

المقدمة

يطلق اسم الغاز الحيوي على خليط من الغازات الناتجة من عملية تخمير المخلفات العضوية بمعزل عن الهواء بمساعدة البكتريا اللاهوائية. وإنتاج الغاز عملية حيوية تتم بفعل البكتريا دون تدخل الإنسان سوى بالمساعدة في توفير الظروف الملائمة لهذه البكتريا للقيام بوظائفها الحيوية الطبيعية.

الغاز الحيوي خليط من غازات الميثان وثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين والنيتروجين وكبريتيد الهيدروجين، وتختلف نسب هذه الغازات تبعًا لكفاءة التخمير وتوفير الظروف الملائمة للبكتريا.

الغاز الحيوي عديم اللون والطعم والرائحة وأخف من الهواء، يشتعل مكونًا لهبًا أزرقًا باهتًا شديد الحرارة، وتختلف قيمته الحرارية باختلاف نسبة الميثان في المخلوط والذي يمثل الجزء القابل للاشتعال فيه. يستخدم الغاز الحيوي في الطهي والإنارة والتدفئة وإدارة المحركات وتشغيل ماكنات الري وتوليد الكهرباء وإن انواع المخلفات التي تستخدم لإنتاج الغاز الحيوي كما موضح في الشكل ذي العدد (١) والتي تتمثل بالآتي:

١. مخلفات حيوانية: روث الحيوانات
٢. مخلفات منزلية: القمامة.
٣. مخلفات نباتية: حطب الذرة، حطب القطن، قش الأرز، مخلفات الخضر .. الخ.
٤. مخلفات صناعية: مخلفات مصانع الأغذية والألبان وغيرها.
٥. مخلفات أخرى: مخلفات الحشائش .. الخ

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
c - k a r b a l a . c o m
المجلد الأول/ العدد الصفر/ السنة الأولى

وإن الجدوى الاقتصادية من عملية تخمير المخلفات والفضلات أعلاه هي كالآتي:

١. الحصول على مصدر جيد ورخيص للطاقة يستخدم لتشغيل مواقد الطهي والإنارة والتدفئة وتشغيل ماكنات الري وتوليد الكهرباء.

٢. الحصول على مصدر جيد للسماد العضوي الغني بمادته العضوية والعناصر اللازمة للتربة الزراعية.

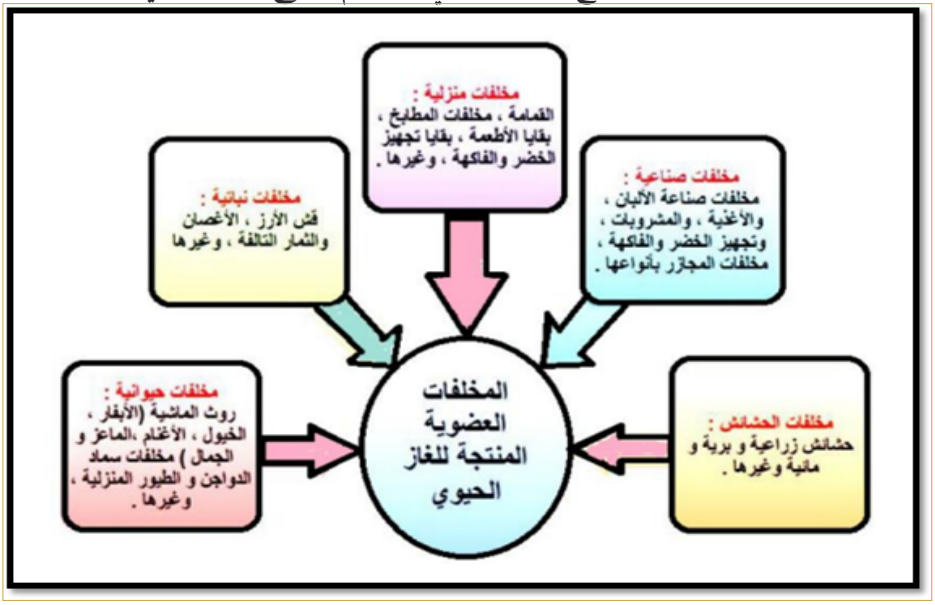
٣. إعمام تكنولوجيا الغاز الحيوي لترشيد استهلاك الطاقة وتقليل الاعتماد على الكهرباء والمنتجات البترولية. (٦)

٤. الإسهام في الحفاظ على الصحة العامة.

٥. حماية البيئة من التلوث من المخلفات.

٦. إيجاد قاعدة صناعية لتدوير المخلفات والحصول على مصدر جديد للطاقة غير ملوث للبيئة.

شكل ذو العدد (١) : أنواع المخلفات التي تستخدم لإنتاج الغاز الحيوي (١)



أهداف البحث

نظرا لتولد المخلفات العضوية المنزلية على نحو كبير ويسبب تراكمها تلوث للبيئة والإنسان فإن البحث يهدف إلى تسليط الضوء على أحد مصادر الطاقة البديلة (الغاز الحيوي) الناتج من النفايات المنزلية العضوية والتي تضيع دون الاستفادة منها، إذ إن طريقة التخمير اللاهوائي للمخلفات والنفايات العضوية من الطرق المهمة لغرض تحويلها إلى غاز قابل للاشتعال يمكن الاستفادة منه في عمليات الطهي والتدفئة وتوليد الطاقة الكهربائية، ويمكن الاستفادة من متبقيات عملية التخمير سماداً لزيادة خصوبة التربة.

تم في هذا البحث دراسة أهم العوامل المؤثرة في زيادة توليد الغاز الحيوي وكذلك في زيادة فعالية البكتريا والمحفز (العامل المساعد) في زيادة عملية التخمير اللاهوائي.

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
c - k a r b a l a . c o m
المجلد الأول/ العدد الصفر/ السنة الأولى

إنتاج الغاز الحيوي في العالم

إن الغاز الحيوي قد تطور في العالم نتيجة للتخلص من النفايات وكذلك لتحويلها إلى طاقة نظيفة ممكن استخدامها في جميع المجالات وكما موضح في الجدول ذي العدد (١) أدناه:-

الجدول ذو العدد (١) : عدد وحدات إنتاج الغاز الحيوي في العالم عام ٢٠٠٨

Countries	Plant
Austria	350
Belgium	10
Czech Republic	12
Denmark	70
Estonia	5
Finland	10
France	5
Germany	3700
Greece	2
Hungary	2
Irland	5
Italy	70
Lithunia	2
Luxemburg	15
Netherlands	70
China	20000000
Russia	70
Kazakhstan	30
India	2500000
Nepal	145000
Vietnam	1800
Turkey	48

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
رمضان - ١٤٤٤هـ, آذار - ٢٠٢٣م

مكونات الغاز الحيوي

يمثل غاز الميثان من المكونات الأسس في الغاز الحيوي الناتج من عملية التخمير اللاهوائي للمخلفات والنفايات العضوية فضلا عن مواد وغازات أخرى وكما موضح في الجدول ذي العدد (٢) وبحسب ما مذكور لدى الجمعية الالمانية للمياه والغاز (DVG) أدناه: –

الجدول ذو العدد (٢): مكونات الغاز الحيوي

المكون	النسبة التقديرية
الميثان	٦٠٪
ثاني اوكسيد الكاربون	٣٥٪
بخار ماء	٣,١٪
نتروجين	١٪
اوكسجين	٠,٣٪
هيدروجين	اقل من ١٪
امونيا	٠,٧ MG/M٣
كبريتيد الهيدروجين	٥٠٠ MG/M٣

ان كمية الطاقة التي يحتويها غاز الميثان وكذلك المواصفات الفيزياوية موضح في الجدول رقم (٣) أدناه:-

الجدول ذو العدد (٣) : المواصفات الفيزياوية لغاز الميثان

الصيغة الجزيئية	CH_4
الكتلة المولية	16.042 g/mol
المظهر	غاز عديم اللون
الكثافة	$0.717\ kg/m^3$
نقطة الانصهار	$-182.5\ C^o$
نقطة الغليان	$-161.6\ C^o$
الذوبان في الماء	$3.5\ mg/100\ ml\ H_2O$ عند درجة حرارة $17C^o$

إن الغاز الحيوي هو غاز أخف (٢٠٪) من الهواء الطبيعي وحرارة اشتعاله (٦٥٠-٧٥٠) درجة مئوية وهو غاز عديم اللون والرائحة ويحترق بلهب أزرق وكمية الطاقة التي ينتجها على نحو تقريبي نتيجة الاحتراق تقدر (٢٠ ٣م/ MJ).

مراحل المعالجة اللاهوائية للمخلفات العضوية (مرحلة إنتاج الغاز الحيوي)

١. مرحلة تفكيك المواد المعقدة :-هذه المرحلة تفكك البكتريا اللاهوائية بواسطة إفراز إنزيمات المواد العضوية المعقدة إلى سكريات بسيطة وحوامض دهنية وحوامض أمينية.

٢. مرحلة تحويل السكريات والحوامض إلى خلات :؛-تتم في هذه المرحلة تحويل السكريات والحوامض الدهنية والحوامض الأمينية إلى الخلات والهيدروجين وثاني أوكسيد الكاربون، وكما موضح في المعادلات أدناه

$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O$	$\rightarrow 2\ CH_3COOH + 2CO_2 + 4H_2$
$C_6H_{12}O_6$	$\rightarrow\ CH_3CH_2COOH + CH_3COOH + CO_2 + H_2$
$C_6H_{12}O_6$	$\rightarrow\ CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$
$C_6H_{12}O_6$	$\rightarrow 2\ CH_3CHOHCOOH$
$C_6H_{12}O_6$	$\rightarrow 2\ CH_3CH_2OH + 2CO_2$

Propionate	$CH_3CH_2COOH + 2H_2O$	$\rightarrow\ CH_3COOH + 3H_2 + CO_2$
Butyrate	$CH_3CH_2CH_2COOH + 2H_2O$	$\rightarrow\ 2\ CH_3COOH + 2H_2$
Valerate	$CH_3CH_2CH_2\ CH_2COOH + 2H_2O$	$\rightarrow CH_3COOH + CH_3CH_2COOH + 2H_2$

$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O$	$\rightleftharpoons 2\ CH_3COO^- + 2H_2 + H^+$
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2COO^- + 4H_2O$	$\rightleftharpoons 3\ CH_3COO^- + 4H_2 + 2H^+$
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2COO^- + 6H_2O$	$\rightleftharpoons 4\ CH_3COO^- + 6H_2 + 3H^+$
$CH_3CH_2CH_2CH_2COO^- + 2H_2O$	$\rightleftharpoons CH_3CH_2COO^- + CH_3COO^- + 2H_2 + H^+$
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2COO^- + 4H_2O$	$\rightleftharpoons CH_3CH_2COO^- + 2\ CH_3COO^- + 4H_2 + 2H^+$
$CH_3CHCH_2CH_2CH_2COO^- + 2H_2O$ $\vert$ CH_3	$\rightleftharpoons CH_3CHCH_2COO^- + CH_3COO^- + 2H_2 + H^+$ $\vert$ CH_3

٣.مرحلة التحويل لتكوين غاز الميثانك:-في هذه المرحلة يتم فيها تحويل الخلات والمواد الأخرى إلى الميثان وغاز ثاني أوكسيد الكاربون بعملية تخمير لاهوائية إذ إن درجة الحامضية في هذه المرحلة تتراوح (٥ , ٧-٥ , ٦) وكما موضح في المعادلات التالية: -

التفاعل			
Hydrogenotrophic methanogenesis	$4H_2 + CO_2$	→	$CH_4 + 2H_2O$
Aceticlastic methanogenesis	CH_3COOH	→	$CH_4 + CO_2$
Acetate oxidation	$CH_3COOH + 2H_2O$	→	$4H_2 + 2CO_2$
Homoacetogenesis	$4H_2 + 2CO_2$	→	$CH_3COOH + 2H_2O$

العوامل المؤثرة في إنتاج الغاز الحيوي

١.العناصر الموجودة في المحفز البكتيري

للحصول على أعلى نسبة إنتاج من الغاز الحيوي وذلك بأن يكون النشاط البكتيري عالياً للحصول على عملية هضم لاهوائية عالية وذلك بوجود بعض العناصر مثل (الكاربون، والنتروجين، والفسفور وبعض العناصر الأخرى، إذ إن النسبة المثلى (الكاربون / النتروجين = ٣٠-٢٥/ ١) وإن النسبة أقل من (١٠/ ١) تكون مثبطة للعملية وكذلك فان وجود بعض العناصر تسبب في تقليل عملية الهضم اللاهوائي وهي (المبيدات، والمنظفات الصناعية، والعناصر الثقيلة، والمضادات الحيوية).

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
c - k a r b a l a . c o m
المجلد الأول/ العدد الصفر/ السنة الأولى

٢.تأثير درجة الحرارة

إن عملية الهضم اللاهوائي تزداد بزيادة درجة الحرارة وفي المدى الحراري المحتمل للبكتريا إذ صنفت إلى ثلاث مجاميع:

- المجموعة الأولى: البكتريا المحبة للبرودة وتعمل في مجال (١٠-٢٥) درجة مئوية (إن إنتاج الميثان في هذه المرحلة غير شائع بنسب عالية).
- المجموعة الثانية: البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة أي (٣٥-٣٧) درجة مئوية.
- المجموعة الثالثة: البكتريا المحبة للحرارة وتعمل (٥٥-٦٠) درجة مئوية.

إن أفضل درجة الحرارة لإنتاج الغاز الحيوي موضحة في الجدول ذي العدد

الجدول ذو العدد (٤): تأثير درجة الحرارة

اليوم	دون ضبط	t=35C°	t=50C°
1	0	1.2	1.4
2	0.1	0.8	1.2
3	0.2	1.3	1.6
4	0.2	1	1.8
5	0.4	1.4	2.2
6	0.3	1.5	1.9
7	0.4	1.7	2.7
8	0.6	1.5	3.4
9	0.8	2.2	4.2
10	1.2	3.5	4.9
11	1.4	3.9	6.3
12	0.2	4.8	6.8
13	0.8	4.2	7.4
14	1.2	5	7.2
15	0.9	5.6	8.2
16	1.2	5.4	6.7
17	0.7	6.1	5.4
18	1.3	6.5	5
19	1.2	3.8	3.6
20	0.9	2	2.5
21	1.4	2.2	1.2
22	1.5	1.7	0.4
23	2.2	1.3	0.2
24	1.4	0.6	0.1
25	1.2	0.5	0.1
26	0.8	0.4	0
27	0.4	0.3	0
28	0.3	0.2	0
29	0.2	0.2	0
30	0.3	0.1	0

٣. تركيز المواد الصلبة

إن كمية الغاز الحيوي المتولد من عملية الهضم اللاهوائي تزداد بزيادة تركيز المادة الصلبة في محلول التخمير، إذ إن التركيز الأمثل لروث البقر يتراوح بين (٨-١٠) ٪ وإن المحافظة على هذا التركيز يحافظ على توازن العملية[٨] يوضح الجدول ذو العدد (٥) العلاقة بين تركيز المادة الصلبة وإنتاج الغاز الحيوي بالنسبة لروث البقر.

الجدول ذو العدد (٥): تركيز المادة الصلبة

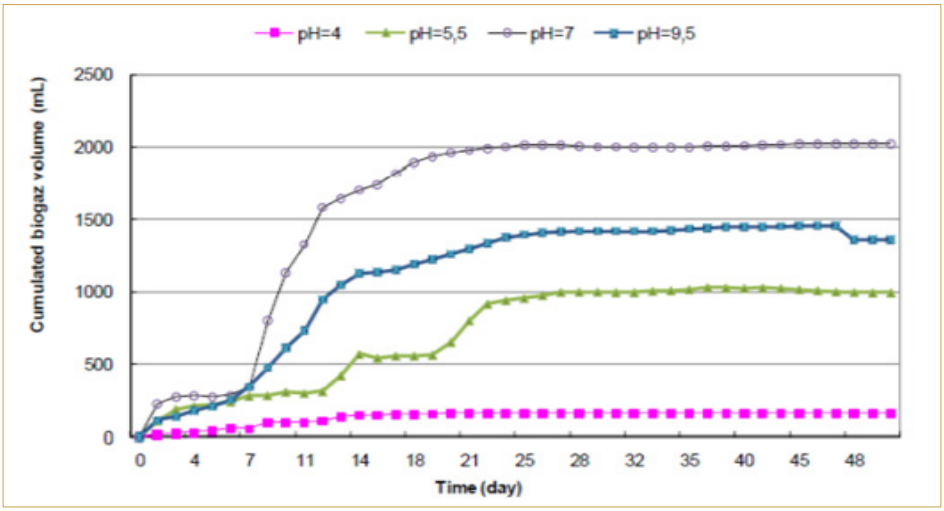
كمية المادة الصلبة الكلية ٪	٢	٤	٦	٨
كمية الغاز لتر/ كغم مادة صلبة	٦٠	١٠٠	١٨٠	٢٦٠

٤. درجة الحامضية للمحلول (PH)

إن المحافظة على درجة الحامضية للمحلول المتخمر بين (٦,٦-٤,٧) يعطي أفضل إنتاج للغاز الحيوي وإن أفضل مقطع يقع بين (٧-٢,٧) إذ يتوقف في درجة حامضية منخفضة أي دون (٥).

تم دراسة تأثير درجة الحامضية لإنتاج الغاز الحيوي في مخمر مختبري بحجم ML ٤٠٠ وعند درجة حرارة ٥٥ درجة مئوية وزمن متغير إذ استخدمت درجة حامضية (4 ,5.5 ,7 ,9.5) وكانت أفضل نسبة إنتاج للغاز الحيوي عند درجة حامضية (٧)[٧] وكما موضح في الشكل ذي العدد (٢).

الشكل ذو العدد (٢): درجة الحامضية



مجلة علمية محكمة نصف سنوية
c - k a r b a l a . c o m
المجلد الأول/ العدد الصفر/ السنة الأولى

٥.التقليب المستمر :-يُعد التقليب في المخمر من العوامل الضرورية لزيادة كفاءة عملية التخمير اللاهوائي وزيادة إنتاج الغاز الحيوي لغرض تجانس المخلفات والبكتريا وبذلك يزداد نشاط بكتريا الميثان إذ يمكن تشغيل خلاط ميكانيكي بعدد دورات (٣٥ دورة بالدقيقة) ويعطي أفضل إنتاج.

٦.زمن استبقاء المادة المتخمرة في المخمر:-إن زمن الاستبقاء الهيدروليكي ((HRT (Hydraulic retention Time)) , وإن زمن الاستبقاء أن لا يقل عن خمسة أيام، ويمكن احتساب زمن الاستبقاء بحسب المعادلة التالية:

(syad fo rebmun x yad/٣m=٣m) TRH X dS = dV

Vd: digester volume (حجم المخمر)

HRT: Hydraulic retention Time (زمن الاستبقاء الهيدروليكي)

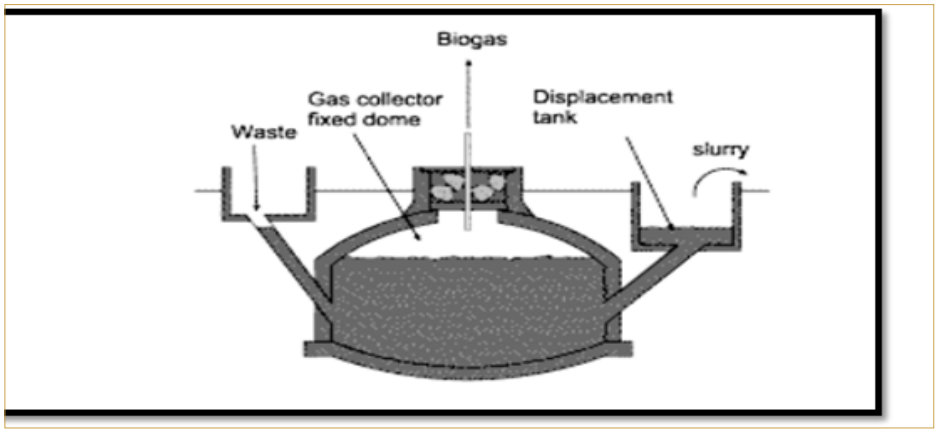
Sd: daily substrate input quantity (كمية المواد العضوية المضافة يوميا)

أنواع مخمرات الغاز الحيوي.

١.مخمر القبة الثابتة (Fixed Dome):هناك العديد من المخمرات المستخدمة ذات القبة الثابتة (Fixed Dome) ولكنها تتبع الأسلوب نفسه مع وجود تغيرات بسيطة بين الواحدة والأخرى وهي كالآتي: -

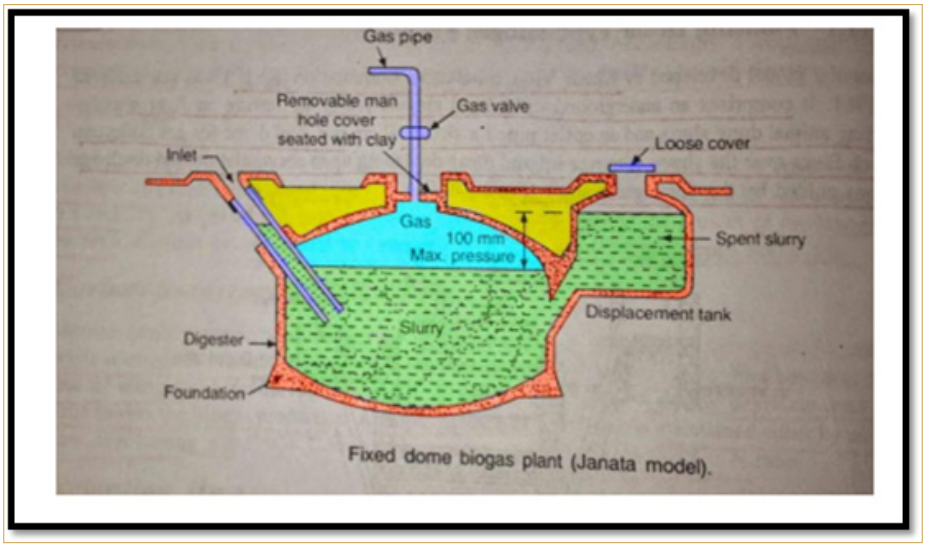
- المخمر الصيني (Chinese Fixed Dome):إن هذا النموذج من أوائل النماذج التي استخدمت في الصين وكما موضح في الشكل ذي العدد (٣).

الشكل ذو العدد (٣): المخمر الصيني



المخمر جانتا (Janta):إن هذا النموذج من أوائل النماذج التي استخدمت في الهند وكما موضح في الشكل ذي العدد (٤).

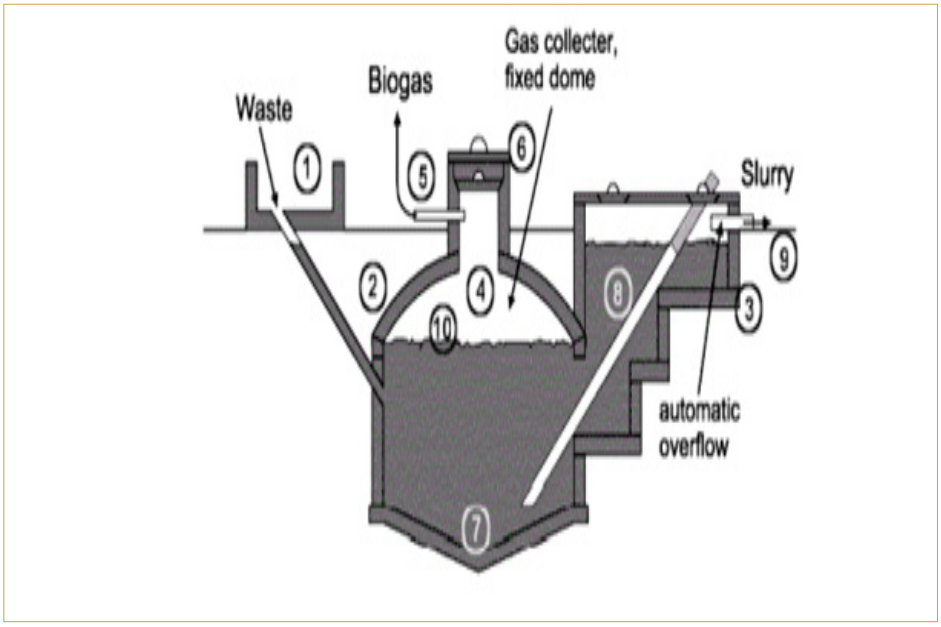
الشكل ذو العدد (٤): مخمر جانتا



- **المخمر نيكاراغوا: يحتوي هذا التصميم على الفقرات التالية: -**

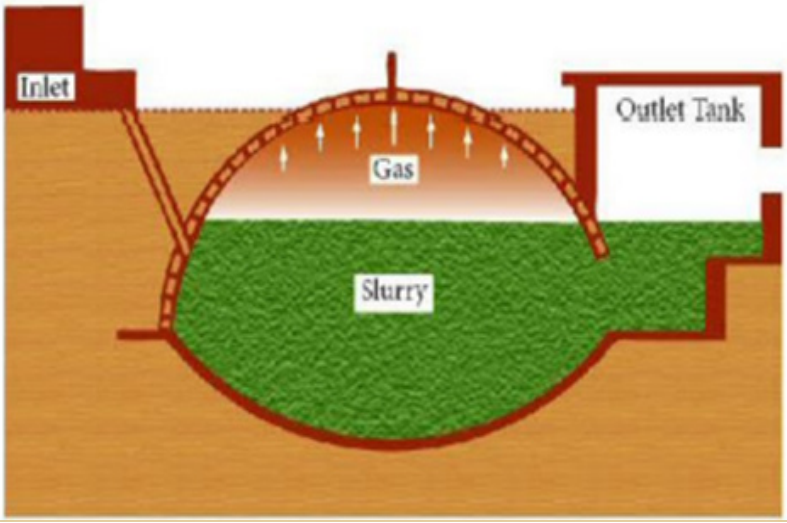
حجرة دخول المواد العضوية، ٢-جسم المخمر، ٣-حجرة الخروج، ٤-مجمع الغاز، ٥-أنبوب خروج الغاز، ٦-فتحة دخول لتنظيف المخمر، ٧-منطقة تراكم المواد العضوية الثقيلة، ٨-أنبوب الخروج، ٩-مستوى الراجع، ١٠-مستوى المواد العضوية في المخمر.

الشكل ذو العدد (٥): مخمر نيكاراغوا



- المخمر دينباندهو :-وهو النموذج المطور من المخمر جانتا وتم تصنيعه بالنسبة للمطابخ (موقعيا) من مواد بلاستيكية وكما موضح في الشكلين (٦،٧).

الشكل ذو العدد (٦): مخمر دينباندهو



الشكل ذو العدد (٧) : مخمر دينباندهو

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
c - k a r b a l a . c o m
المجلد الأول/ العدد الصفر/ السنة الأولى

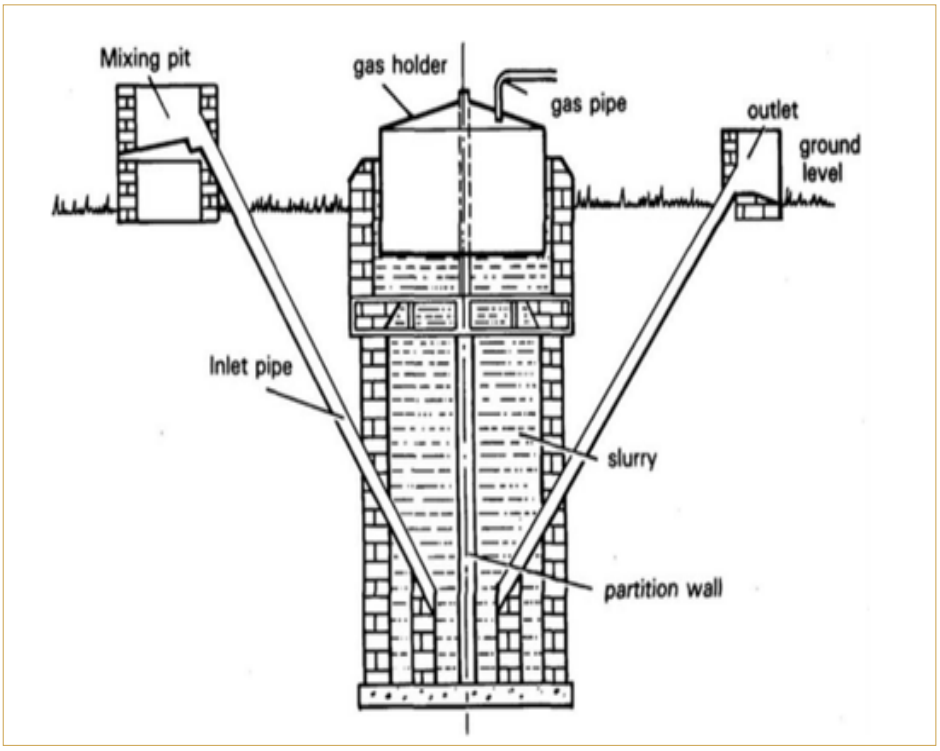
مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
رمضان - ١٤٤٤هـ، آذار - ٢٠٢٣م

٢. مخمر ذو الغطاء العائم (القبة الطافية):

هذا النوع من المخمرات يكون أكثر انتشارا في الهند حيث يتم بناؤه من الطابوق ويكون تحت الأرض بشكل أسطواني ويغطى بخزان طافي مفتوح من الأسفل ومغلق من الأعلى ومثبت من الجوانب بالجدار على نحو قابل للحركة العليا والسفلى، ففي حالة توليد الغاز يرتفع الخزان مما يعطي دليلاً على تكون الغاز الحيوي.

وإن عملية تغذية المخمر تتم على نحو مستمر بمعدل واحدة يوميا أو أكثر حيث تخلط المادة الواجب تخمرها مع الماء وترسل إلى الخزان ثم في الوقت نفسه ان مخلفات عملية التخمير تفصل في خزان الخروج وكما موضح في الشكل ذي العدد (٨).

الشكل ذو العدد (٨): مخمر ذو الغطاء العائم



٣.تأثير زيادة نسب مختلفة من روث البقر :-تم زيادة روث البقر إلى نفايات المطابخ لغرض إنتاج الغاز الحيوي بنسبة (٢٠، ٤٠، ٦٠) ٪ لكل حالة فتَمّ التوصل إلى النتائج التالية كما موضح في الجدول ذي العدد (٦) أدناه: -

الجدول ذو العدد (٦): نسب روث البقر

اليوم	روث 20%	روث 40%	روث 60%
1	0.3	0.9	1
2	0.6	1	1.2
3	0.7	1.2	1.4
4	1.2	1.6	1.9
5	1.4	2.3	1.6
6	1	1.9	2.6
7	2.4	2.6	2.5
8	2.7	3	2.1
9	3.2	3.7	2.9
10	2.9	3.2	3
11	3.8	4.4	2.9
12	4.6	3.5	3.5
13	5.2	4.3	3.8
14	5	4.6	3.7
15	5.9	4.2	4.8
16	7.4	5.4	6.6
17	6.5	7.1	5.4
18	4.3	4.8	6.7
19	3.7	3.8	4.5
20	3.2	2.5	3
21	2.9	1.9	1.6
22	2.5	1.8	0.9
23	1.9	1.6	1.2
24	1.7	1.2	0.8
25	0.8	0.6	0.9
26	0.4	0.3	0.5
27	0.6	0.2	0.2
28	0.3	0.2	0.3
29	0.2	0	0.1
30	0	0	0.2
31	0	0	0

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
www.arbnj.com
رمضان - ١٤٤٤هـ, آذار - ٢٠٢٣م

النتائج والمناقشة

من النتائج أعلاه يتبين أنّ أفضل الظروف لاختيار المفاعل الخاص بإنتاج الغاز الحيوي والظروف التشغيلية لإنتاج أعلى كمية من الغاز الحيوي وهي كالاتي: -

١. إن أفضل درجة حرارة لإنتاج الغاز الحيوي هي: (٥٠) درجة مئوية وذلك لأن أعلى من هذه الدرجة سوف يتم حصول تفاعلات اخرى.

٢. إن أفضل درجة الحامضية تكون: (٧) وذلك لأنها متعادلة أي: ليست حامضية او قاعدية مما قد تسبب تفاعلات جانبية.

٣. إن أفضل نسبة تقليب للمواد هي: (٣٥) دورة بالدقيقة في حالة التغذية المستمرة (continuous feeding) (Continuous process) وتبقى ثابتة في حالة الزيادة لمرة واحدة (Batch process).

٤. إن أفضل نسبة للمادة الصلبة في المفاعل هي (١٠) ٪

٥. إن أفضل نسبة لزيادة روث البقر إلى الخليط هي ٢٠٪ إذ إن اعلى نسبة لإنتاج الغاز يكون في اليوم (١٦) هي (٧,٤) لتر وتستمر العملية لغاية اليوم (٢٩) وتتوقف في اليوم (٣٠)، إذ تمت الموازنة بين الحالات الثلاثة (٢٠٪، ٤٠٪، ٦٠٪) وتم الحصول على معادلات تجريبية للزيادات وهي موضحة في الأشكال رقم (٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥).

٦. إن حجم الغاز المتولد من عملية التخمير تمثل ٦٠٪ من حجم المادة.

٧. من خلال حجم الغاز يمكن استخدام المعادلة التالية لغرض إيجاد الحجم الكلي للمفاعل وهو كالاتي: -

الفرضية بوجود حجم الكمية من المادة = ٥٠ لتر/ يوم

حجم المخمر = زمن الاستبقاء (HRT) x حجم الزيادة الكلية (DAILY FEEDING)

حجم المخمر = 30 يوم x 50 لتر /يوم

= 1500 لتر = 1.5 متر مكعب

حجم الغاز = 0.6 x حجم المفاعل /2

= 0.6 x 0.75

= 0.45 متر مكعب

الحجم الميت (VOLUME DEAD) = ٢٠٪ من (حجم المخمر + حجم الغاز)

= 0.2 (1.5 + 0.45)

= 0.39 متر مكعب

الحجم الكلي = حجم المخمر + حجم الغاز + الحجم الميت

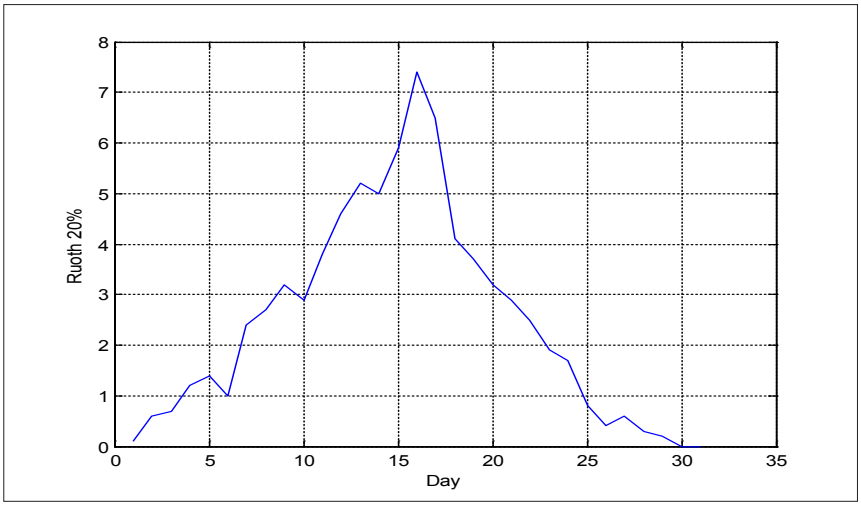
= 1.5 +0.45 +0.39

= 2.36 متر مكعب

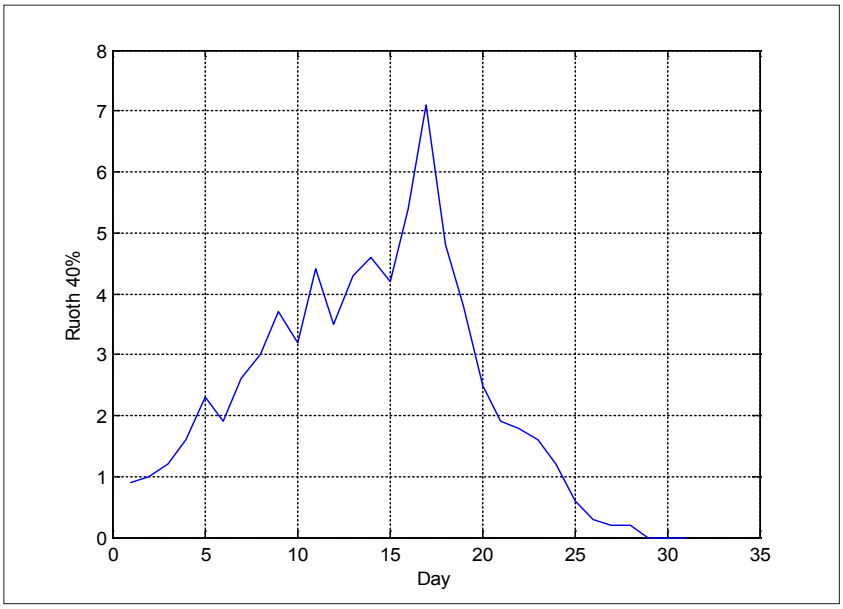
من خلال النتائج أعلاه فإن زيادة مخلفات منزلية بكمية ٥٠ لتر باليوم أي إن نسبة المادة الصلبة تكون ٥ لتر باليوم لكون المادة الصلبة يجب ان تكون بنسبة ١٠٪ من الحجم الكلي للمادة المزادة للمخمر وزمن استبقاء ٣٠ يوماً تخمير فإن حجم

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
c - k a r b a l a . c o m
المجلد الأول/ العدد الصفر/ السنة الأولى

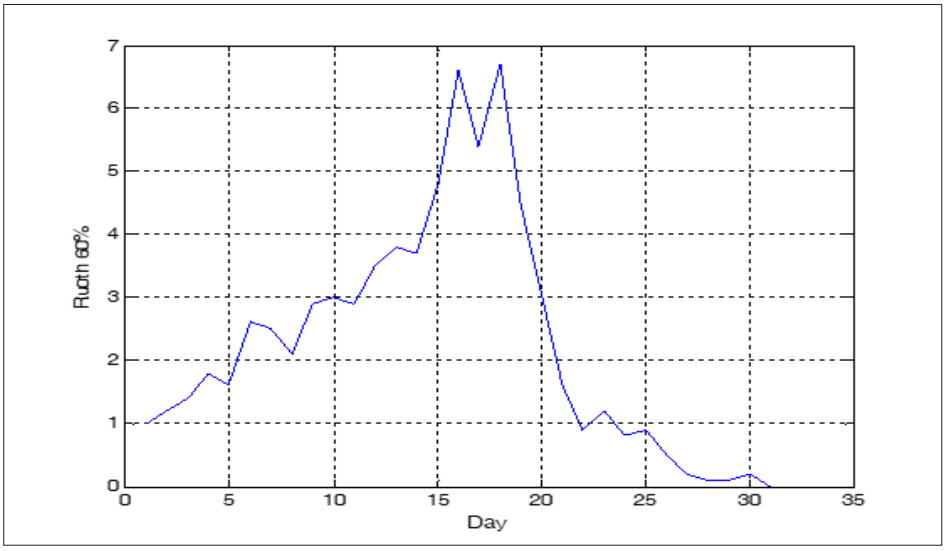
المخمر الكلي يصل إلى ٢,٣٦ متر مكعب.



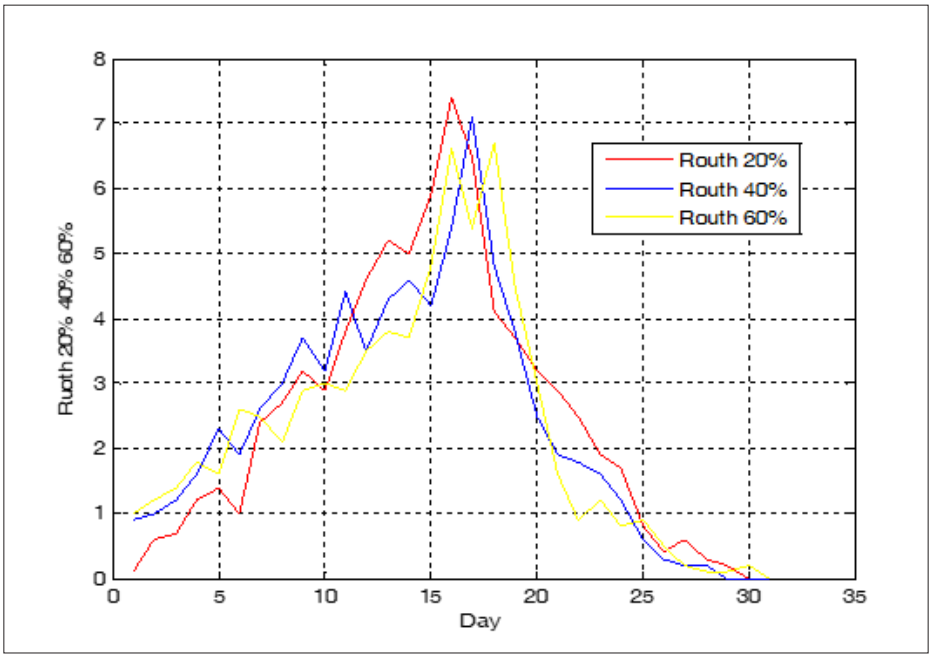
الشكل ذو العدد (٩) : نسبة زيادة روث البقر ٢٠٪



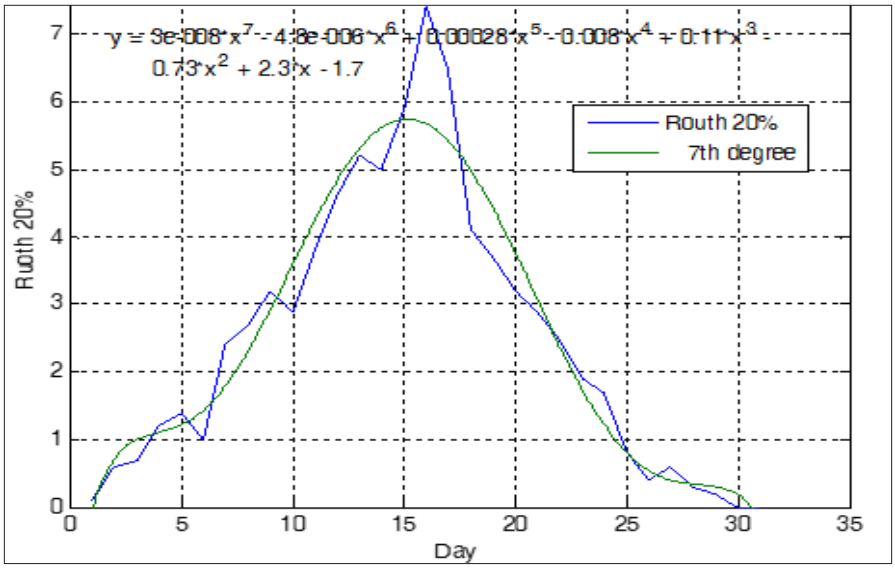
الشكل ذو العدد (١٠) : نسبة زيادة روث البقر ٤٠٪



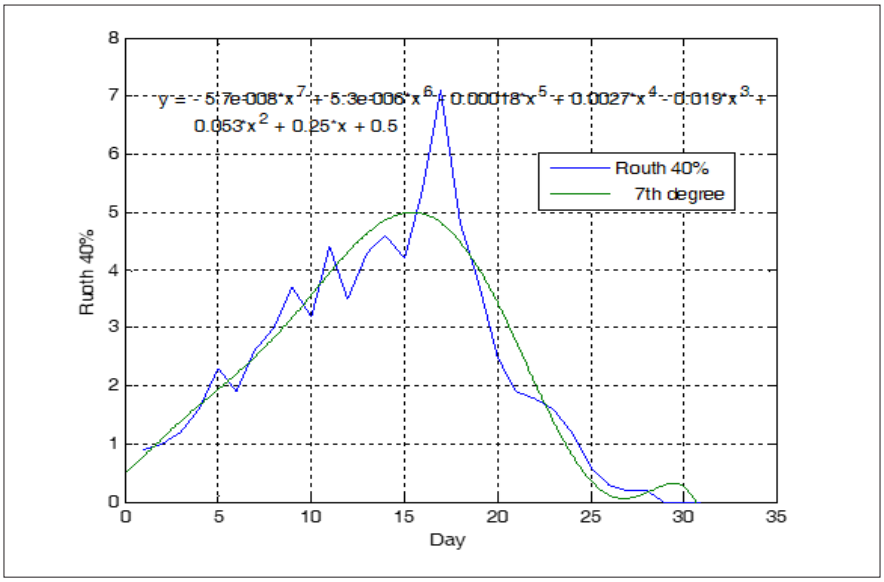
الشكل ذو العدد (١١) : نسبة زيادة روث البقر ٦٠٪



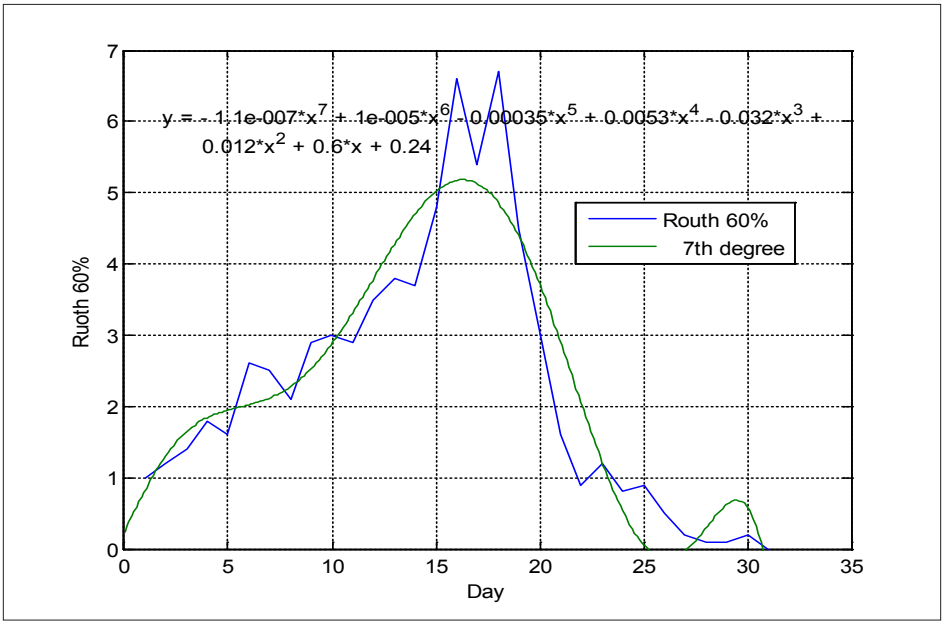
الشكل ذو العدد (١٢): نسبة زيادة روث البقر ٢٠٪، ٤٠٪، ٦٠٪



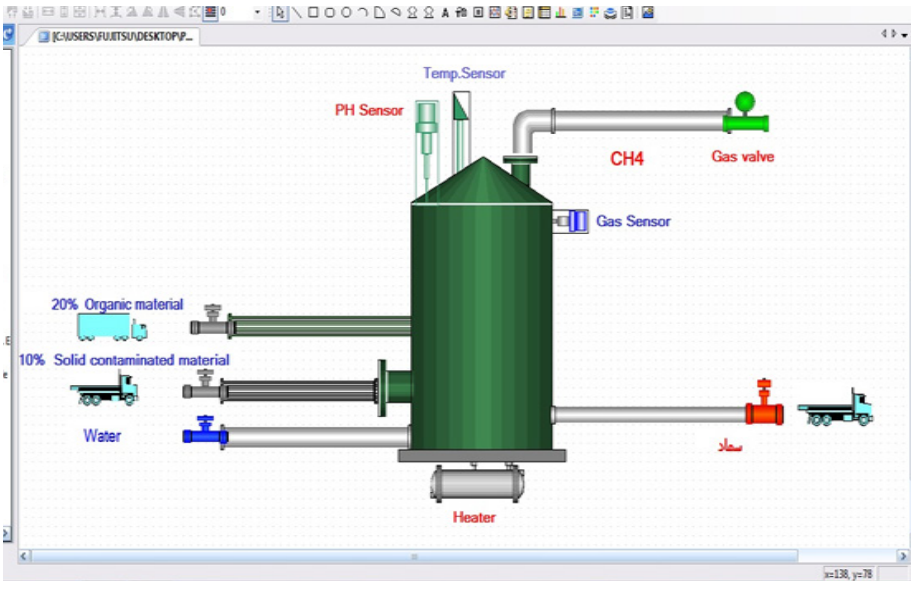
الشكل ذو العدد (١٣): نسبة زيادة روث البقر ٢٠٪ والمعادلة التجريبية



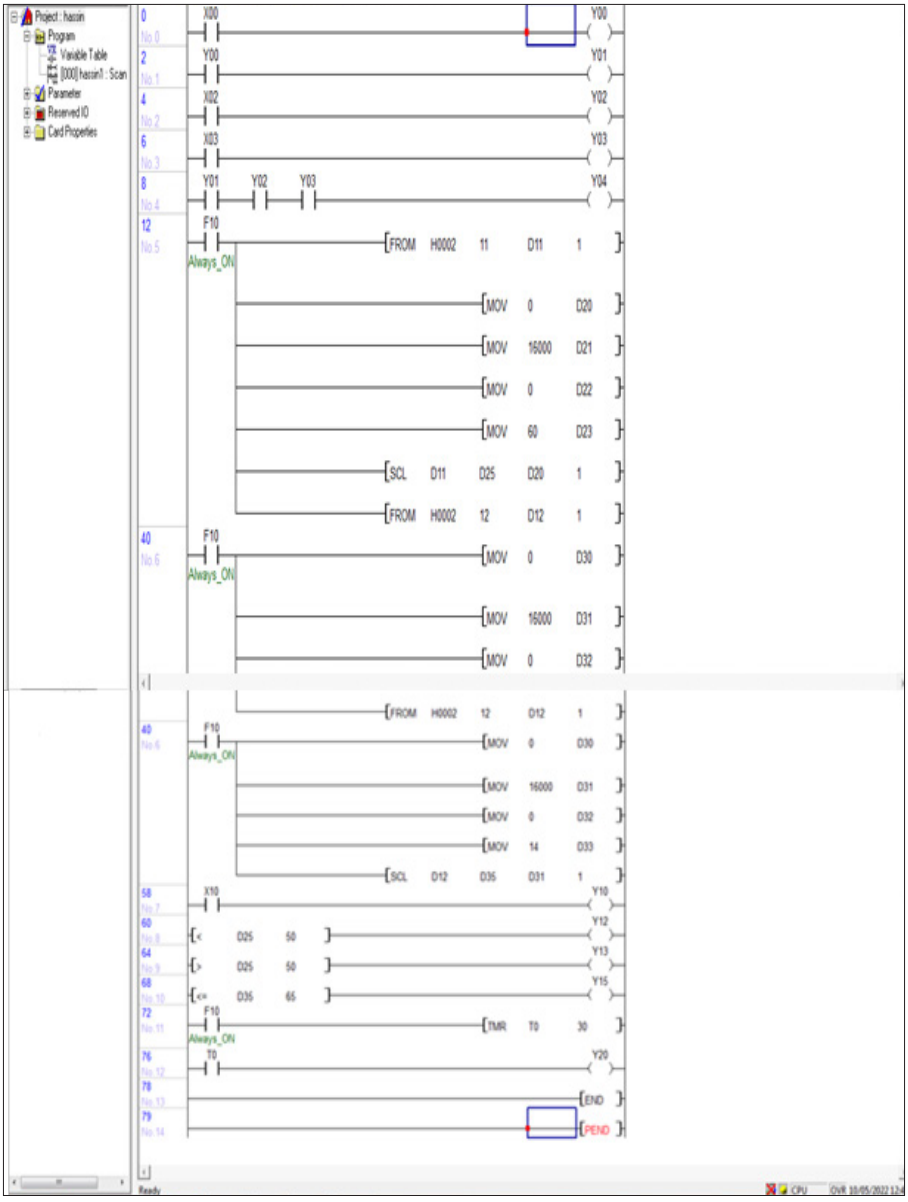
الشكل ذو العدد (١٤): نسبة زيادة روث البقر ٤٠٪ والمعادلة التجريبية



الشكل ذو العدد (١٥): نسبة زيادة روث البقر ٦٠ ٪، والمعادلة التجريبية



الشكل ذو العدد (١٦) منظومة الهاضم الحيوي مع عملية السيطرة



الشكل ذو العدد (١٧) المخطط الالكتروني لعملية السيطرة على منظومة الهاضم الحيوي بأستخدام SCADA

الاستنتاجات :

١. إن حجم الغاز المتولد من عملية التخمير يمثل ٦٠٪ من كمية المادة المضافة.

٢. إن الظروف التشغيلية المطلوبة هي:

درجة الحرارة	الدرجة الحامضية	نسبة التقليب	زمن الاستبقاء	نسبة المادة الصلبة في المخمر	نسبة زيادة روث البقر
٥٠ درجة مئوية	٧	٣٥	٣٠ يوم	٪١٠	٪٢٠

٣. تم الحصول على معادلات تجريبية لإنتاج للغاز الحيوي بزيادة روث البقر للعملية وهي :

- روث البقر 20%

4.8-Y=3E^(-0.08).X^7 .0.11+X^4.0.008-X^5.0.00028+E^(-0.006).X^6

(X^(-1.7 2.3+X^2.0.73-X^3

- روث البقر 40%

1+Y=1.1E^(-0.07).X^7 .0.032-X^4.0.0053+X^5.0.00035+E^(-0.05).X^6

X+0.24 0.6+X^2.0.012+X^3

-روث البقر 60%

.0.019-X^4.0.00027+X^5.0.00018+5.3E^(-0.06).X^6+Y=5.7E^(-0.08).X^7

X+0.5 0.25+X^2.0.053+X^3

Y = حجم الغاز المتولد من زيادة 20% روث بقر

X = الزمن باليوم

من خلال ملاحظة المخططات أعلاه، حيث تم التوصل إلى أن أفضل نسبة هي عند زيادة ٢٠٪من روث البقر لعملية التخمير.

٤. تم احتساب حجم المفاعل الكلي إذ إن زيادة مخلفات منزلية بكمية ٥٠ لتراً باليوم أي إن نسبة المادة الصلبة تكون خمسة ألتار باليوم لكون المادة الصلبة يجب أن تكون بنسبة ١٠٪ من الحجم الكلي للمادة المضافة للمخمر وزمن استبقاء ٣٠ يوم تخمير فان حجم المخمر الكلي يصل إلى ٢,٣٦ متر مكعب.

٥. إن عملية السيطرة على عملية التخمير تتضمن الآتي: -

- يتم زيادة كمية المادة الصلبة من المخلفات المنزلية إلى الهاضم الحيوي (المخمر) ثم بعد ذلك يتم زيادة الماء حتى تصل نسبة المادة الصلبة إلى (١٠٪).
- يتم زيادة روث البقر إلى العملية حتى تصل نسبة الزيادة إلى (٢٠٪).
- يتم إيصال درجة الحرارة المطلوبة للعملية إلى (٥٠) درجة مئوية والسيطرة عليها.
- ثم يتم ملاحظة مقياس الدرجة الحامضية فتكون مقاربة إلى (٧) والسيطرة عليها من خلال الماء المزاد.
- يتم ملاحظة الغاز المتولد من خلال حساس الغازات الذي يتحسس تولد الغازات العضوية (الميثان).
- في حالة تولد غاز يتم فتح القفل الخاص بالغاز الخارج الحيوي لغرض استغلاله.
- خلال هذه المرحلة يوجد عداد للأيام يتوقف حال توقف تولد الغاز ثم بعد ذلك يتم تفريغ المخلفات واستخدامها سماداً حيوياً لكونها تحتوي على مواد عضوية متحللة.

المراجع

1. Osama abdul Rahman Abdo " Study of the factors that affect for the production of biogas for residues country house in Tartous Province" thesis , 2015.
2. Chen Y, etal . Household biogas use in rural China : a study of opportunities and constrains. Renewable and Sustaiable Reviews 2010: 14(1):545.
3. Patrick Mukumba "A possible design and justification for a biogas plant at Nyazura Adventist High School, Rusape, Zimbabwe" J. energy South. Afr. vol.24 n.4 Cape Town Apr. 2013.
4. Robert Kigozi "Sizing of an Anaerobic Biodigester for the Organic Fraction of Municipal Solid Waste" October 2014.
5. Sadhan Kumar Ghosh" Biomass & Bio-waste Supply Chain Sustainability for Bioenergy and Bio-fuel Production" , Procedia Environmental Sciences, Volume 31, 2016, Pages 31-39.
6. S. Sathish, S. Vivekanandan, "Parametric optimization for floating drum anaerobic bio-digester using Response Surface Methodology and Artificial Neural Network" , Alexandria Engineering Journal, Volume 55, Issue 4, December 2016, Pages 3297-3307.
7. Rittman BE. Opportunities for renewable bioenergy using micro organisms. Biotechnol Bioeng 2008, 100, 12.
8. Fatma Abouelenien, Optimization of Biomethane Production via Fermentation of Chicken Manure Using Marine Sediment: A Modeling Approach Using Response Surface Methodology, International Journal of Environmental Research Public Health 2021.

٩. جمال الدين،حسني محمد ، استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي ، جامعة الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية،(١٩٩٢)