

المياه

## إيجاد معامل الانحلال الحيوي ( $k_d$ ) المطروحة في مجمع المستشفيات لمدينة الموصل

احمد ياسين شهاب

كلية الهندسة/ قسم الهندسة المدنية

دراسة معامل الانحلال الحيوي للحم  
المستشفيات لمدينة الموصل  
مختبرية  
من محطة معالجة المياه المطروحة في مجمع  
هزت لتعمل كوحدة هضم  
2.25  
فترة تشغيلية استمرت لمدة شهر  
فيها السيطرة على درجة حرارة الهضم بحيث كانت ( 30,  
25, 20, 15  
هوائية.  
حتسب معامل الانحلال الحيوي للحم  
( $k_{d15}=0.02, k_{d20}=0.03, k_{d25}=0.04, k_{d30}=0.05$ ) $d^{-1}$ . كما تم إيجاد الثابت الحراري لمعامل الانحلال الحيوي ( )  
قدرة قيمته (1.059). بأنه  
تركيز الكتلة الحية في  
الاختبارية عند درجة حرارة هضم تساوي (30, 25, 20, 15) استمرار عملية الهضم الهوائي لمدة (3, 4, 7, 17)  
يوم .

### Determination of Bio-decay Coefficient of Disposed Activated Sludge from Wastewater Treatment Plant in Medical Assembly of Mosul City Ahmed Y. Shehab

University of Mosul\Engineering College\Civil department

#### Abstract

This research, has dealt with determination of bio-decay coefficient of activated sludge disposed from wastewater treatment plant of medical assembly in Mosul city. four bench scale reactors were used of 2.25 liter capacity for each as aerobic digestion units. Throughout the operation period which lasted for a month temperature was controlled and it was (15, 20, 25, 30) in the first second third and fourth reactor respectively, the bio-decay coefficients was found as ( $k_{d15}=0.02, k_{d20}=0.03, k_{d25}=0.04, k_{d30}=0.05$ )  $d^{-1}$ , while the temperature constant ( ) was (1.059). Also the results showed that the required periods for aerobic digestion process to reduce 50% of biomass concentration in the reactors at digestion temperature (15, 20, 25, 30) were (17, 7, 5, 4) days respectively.

**Key words:** biological treatment, aerobic digestion, sludge disposal, bio-decay coefficients

الهاضم (digestion unit) من الوحدات المهمة في محطات معالجة المياه حيث  
المطروحة فضلاً عن تحسين نوعيتها وذلك بتحويلها إلى نواتج مستقرة غير قابلة للتحلل.  
يستخدم عادة الهضم الهوائي مع المحطات الكبيرة في حين يعد استخدام الهضم الهوائي مناسباً جداً مع المحطات  
الصغيرة وذلك لأن الكلفة التشغيلية لمثل هذه المحطات الصغيرة الهوائية نسبيًا [1].

د الهضم في يؤدي فقط إلى تقليل المنبوذة ولكنه يعمل على تحسين  
نوعيتها وتقليل المسببات المرضية فضلاً عن الحد من انتشار الروائح المنبعثة من عملية تحلل المواد العضوية المكونة  
للكتلة الحية والقابلة للتحلل أثناء عملية تجفيف (drying bed)[2]

يعد تحديد قيم معامل الانحلال الحيوي الضرورية لتصميم حوض الهضم الهوائي حيث  
تختلف قيم هذا المعامل تبعاً لعدة عوامل أهمها نوعية الفضلات التي تتغذى عليها الأحياء المجهرية المكونة لتلك  
[2].

### أهداف

يهدف البحث توفير بعض البيانات التي يمكن الاعتماد عليها في وحدة هضم هوائي لمعالجة  
مجمع مستشفيات مدينة الموصل إيجاد قيم معامل  
الحيوي لحماية في درجات حرارية مختلفة إيجاد قيمة الثابت الحراري ( ) لمعامل الانحلال الحيوي  
يربط هذه القيم مع بعضها البعض بحيث يمكن تصميم وتشغيل حوض الهضم الهوائي درجة حرارية

( Ramdani, A. and, et al ) [3] بدراسة تحلل الحماة المنشطة في ظروف مختلفة للتهوية وذلك بإعداد  
حوضين للاختبار يعملان بنظام التغذية بالجرعة (batch reactor)، أحدهما يعمل بظروف لا هوائية والأخر يعمل  
بظروف هوائية بأسلوب التهوية المتقطعة. معاملا الانحلال الحيوي للحماة المدروسة في كلا الطرفين  
حيث كانا  $(0.005d^{-1})$   $(0.012d^{-1})$  . بأنه لتخفيض تركيز الحماة المهضومة بنسبة  
68% في ظروف التهوية المتقطعة يتطلب استمرار عملية الهضم لمد 5.2 يوم عندما تكون درجة الحرارة 35

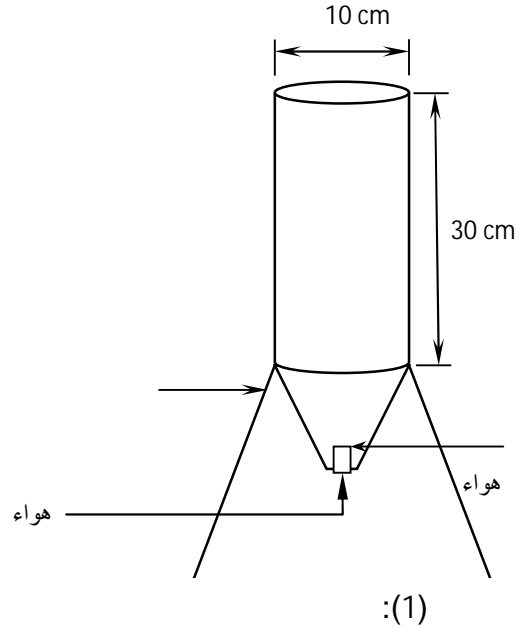
( Mike H. Kim; and Oliver J. Hao ) [4] دراسة مقارنة هضم الحماة المنشطة بظروف هوائية  
مع هضمها بظروف متعادلة للتهوية (anoxic conditions).  
ظروف التهوية المتعادلة هو تحلل من الدرجة الأولى كما هو الحال في الهضم بالظروف الهوائية، كذلك توصل الباحث  
الدالة الحامضية (pH) في حوض الهضم في ظروف التهوية المتعادلة أكبر بمعدل ثلاث وحدات عند مقارنته مع  
بسبب الاختلاف بسعة القاعدية (buffering capacity) بين الحالتين.

( Droste, R. L; and Sanchez, W. A ) [5] تحلل الحماة المنشطة عند هضمها في ظروف هوائية عند  
( 10, 20, 30 ) بواسطة استخدام حوضين للاختبار، الحوض الأول يعمل بأسلوب التغذية  
بالجرعة والثاني يعمل بأسلوب التغذية المتقطعة (semi continuous flow patterns) إلى أنه لا  
علاقة واضحة يمكن من خلالها وصف سرعة تحلل الحماة عند استخدام أسلوب التغذية المتقطعة.

( Bernard, S.; and Gray, N. F ) [6] بدراسة لهضم الحماة المنشطة الناتجة من معالجة المطروحات  
المدنية وأخرى من معالجة المطروحات الدوائية استخدم الباحث الهضم الهوائي ودرس تأثير ظروف الهضم على  
خصائص الحماة المهضومة. بان تثبيت الدالة الحامضية (pH) (6.5) يحقق  
ناحيته تقليل حجم الحماة المهضومة وتحسين خصائصها. الزمن المثالي لهضم الحماة الناتجة  
من معالجة المطروحات المدنية هو (14-21) يوم، وان استجابة الحماة المنشطة الناتجة من معالجة المطروحات المدنية  
لعملية الهضم أفضل من الناتجة من معالجة المطروحات الدوائية حيث نسبة المواد المتطايرة بحدود  
(53-64)% (6%-25)%

الاختبارية (bench scale model) الاختبارات اللازمة لتحديد قيم معامل  
حيث يتم هضم هذه المختبرية في ظروف هوائية  
التغذية (aerobic digest) أي بوضع الحماة المراد اختبارها دفعة واحدة  
التشغيل (batch flow condition) [7].

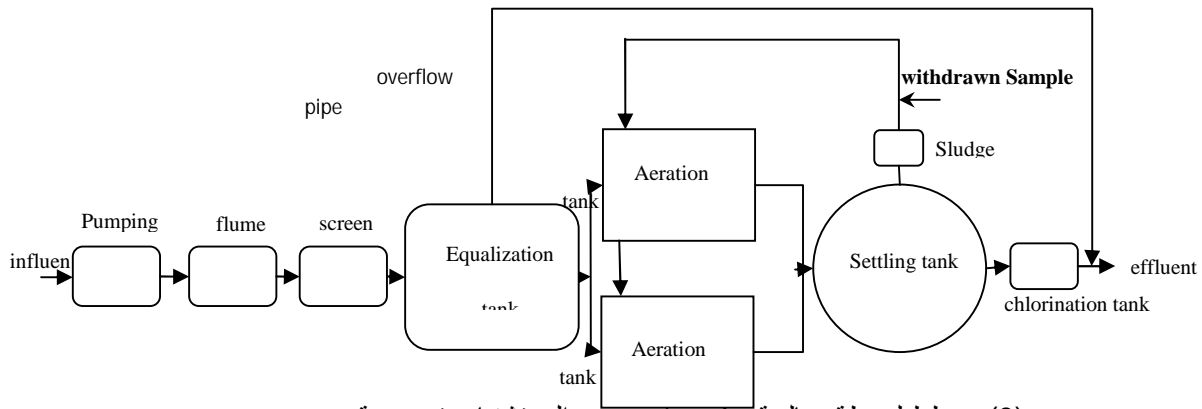
(1) 2.25 مختبريه اسطوانيه  
هواء حجرية  
بضاغطة هواء (compressor)  
أنابيب بلاستيكية مزودة بصمامات لغرض  
السيطرة على كمية الهواء المدفوع  
الاختبارية، تم من خلال هذه  
المنظومة توفير الأوكسجين زم لعملية  
هضم المركبات العضوية الداخلة في  
تركيب الأحياء المجهرية والقابلة للتحلل  
يعمل الهواء المندفع عبر  
عملية مزج تام  
هذه  
لمحتويات



ولغرض السيطرة على درجة الحرارة  
في الأحواض الاختبارية  
الأحياء المجهرية في  
(mesophilic bacteria)  
تزويد الأحواض بسخانات كهربائية ذات  
متحسسات أوتوماتيكية (thermostat)  
ة الحرارة ضمن المستويات

[8] حيث كانت درجة الحرارة في الحوض الأول ( 15 ) في حين  
( 20 ) ( 25 ) ( 30 )

تم انجاز البحث خلال الفترة الممتدة بين (2009/02/01 2009/03/11) في مختبر هندسة البيئة في كلية  
الهندسة حيث جُهزت الأحواض المختبرية بـ  
في مجمع مستشفيات مدينة الموصل (2) التغذية بالجرعة حيث جُهز كل حوض بالحجم المطلوب من  
الحماة بشكل دفعة واحدة فقط عند بداية التشغيل، وخلال فترة تشغيل استمرت لمدة شهر عملت فيها الأحواض المختبرية  
الآتية  
:[9]



(2) مخطط لمحطة معالجة مطروحات مجمع المستشفيات في مدينة

1. قياس تركيز المواد الصلبة العالقة المتطايرة (MLVSS): تم هذا الفحص بشكل متواصل وبمعدل قراءة يومي.
2. قياس تركيز الأوكسجين المذاب في الماء (DO): تمت مراقبة كمية الأوكسجين المذاب في الماء في الأحواض المخبرية باستخدام جهاز DO-Meter (EXTECH; model 407510) وتم ضبط كمية الهواء الداخل إلى الأحواض بحيث تحقق تركيز متبقي للأوكسجين لا يقل عن 3mg/l (3).
3. قياس الرقم الهيدروجيني pH: تمت مراقبة وقياس الرقم الهيدروجيني باستخدام pH-Meter (HANNA; model 211) يعمل بدقة 0.01 وتم إجراء هذا الفحص بشكل يومي.
4. قياس درجة الحرارة: تمت مراقبة درجة الحرارة في الأحواض المخبرية بصورة مستمرة باستخدام محرار زئبقي يعمل بالنظام المنوي بدقة 0.5 درجة مئوية

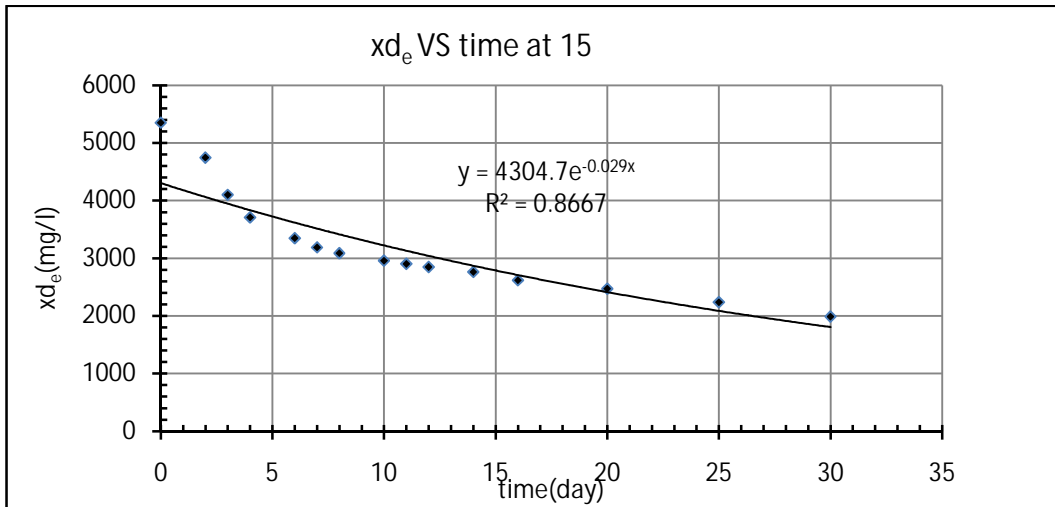
[7] المهضومة ويت تركيز الأحياء المجهرية (first order kinetics) وكما يلي:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot x \quad \frac{(x_d)_e}{(x_d)_o} = e^{-tk_d}$$

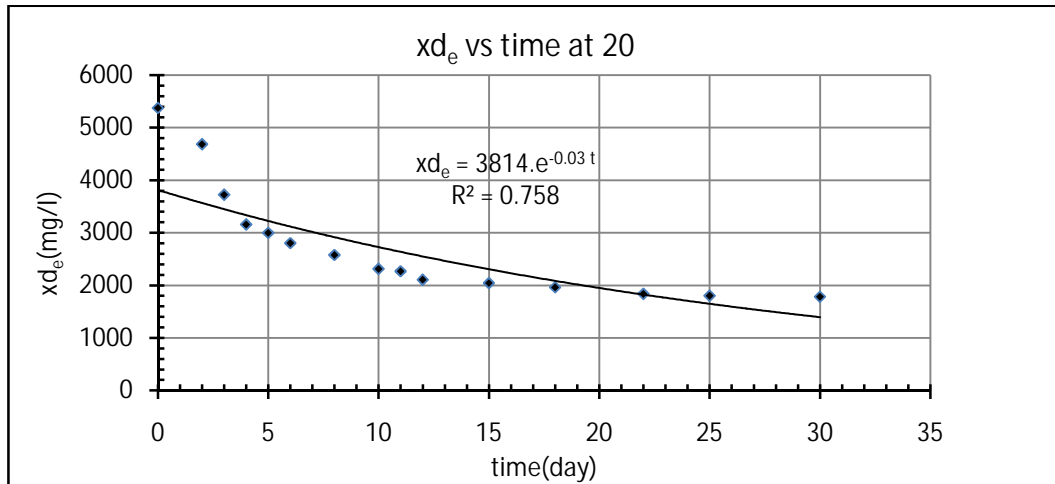
$(x_d)_e$ : تركيز الأحياء المجهرية (المهضومة) بعد زمن معين (t) (mg/l)  
 $(x_d)_o$ : التركيز للأحياء المجهرية (mg/l)  
 $k_d$ : معدل الانحلال الحيوي للحماة المهضومة ( $d^{-1}$ )  
t: زمن التهوية (d)

(3, 4, 5, 6) توضح العلاقة بين تركيز الحماة المهضومة زمن الهضم حرارية (30, 25, 20, 15) يتبين من هذه العلاقة .  
مستشفيات مدينة الموصل ( $k_d$ ) ( $0.02 d^{-1}$ ) (15) ( $0.03 d^{-1}$ ) (20) ( $0.04 d^{-1}$ ) (25) ( $d^{-1}$ ) 0.05 (30). هذه القيم مع القيم الواردة في المصدر [2] ( $0.14 \theta 0.05$ )  $d^{-1}$  يلاحظ قيم معامل نسبياً وتقترب قيمه من الحدود الدنيا المذكورة في المصدر ربما يعود طبيعية الفضلات الطبية منها المهضومة واحتوائها على مواد كيميائية ودوائية متنوعة، كذلك يلاحظ هذه القيم اكبر من القيم الواردة في المصدر (3) ( $0.012d^{-1}$ ) السبب في ذلك يعود إلى اختلاف أسلوب التهوية.

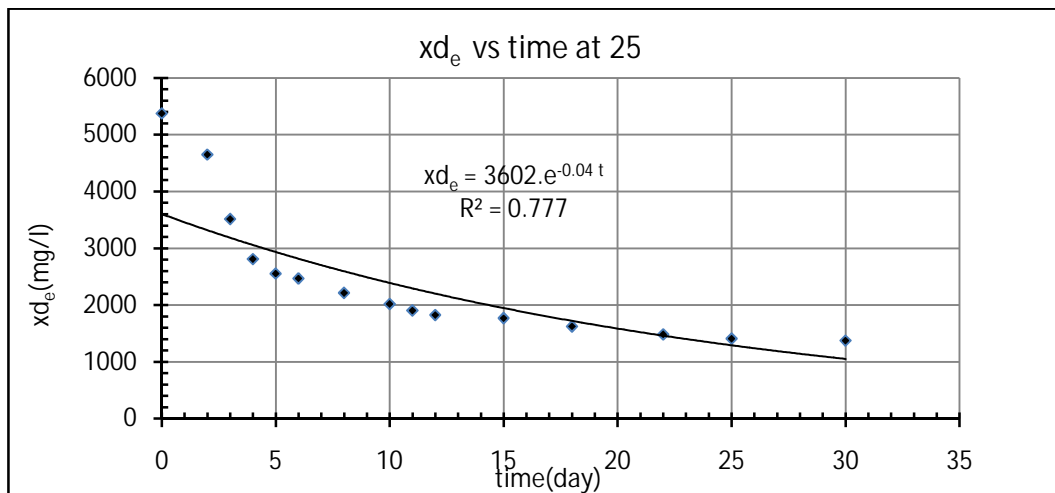
يتبين من الأشكال انه عند تشغيل أحواض الهضم الاختبارية لفترة زمنية تساوي (30) يوماً كانت النسبة المئوية للمواد العضوية المتحللة % (60, 66, 74, 84) (30,25,20,15) . حيث يلاحظ أن هذه النسبة ازدادت بشكل واضح مع ازدياد درجة الحرارة وهذا أمر طبيعي ذلك لان الزيادة في درجة الحرارة ضمن هذه الحدود إلى زيادة في نشاط الأحياء المجهرية المكونة للكتلة الحية. ويلاحظ كذلك من هذه العلاقات أن شدة الميل بين النسبة المئوية للمواد العضوية المتحللة زمن الهضم كانت عالية نسبياً في الأسبوع الأول مقارنة مع الأسابيع التالية وذلك لان المركبات العضوية الداخلة في تركيبة الأحياء المجهرية سريعة التحلل تمت أكسدتها في هذه الفترة الزمنية في حين استغرقت بقية المركبات العضوية مدة أطول لإتمام عملية ا . وبعبارة أخرى فإنه للحصول على نسبة إزالة للمواد العضوية تقدر ب 50% فإنه لا بد من استمرار عملية الهضم لمدة (4, 5, 7, 17) أيام (30, 25, 20, 15) . إن مثل هذه البيانات تعد ضروري من أجل تحديد الزمن اللازم لعملية الهضم فضلاً عن ذلك فإنها تتيح إجراء عملية موازنة اقتصادية بين الكلفة التشغيلية لحوض الهضم الهوائي ونسبة إزالة المواد العضوية ذلك لان العلاقة بين هذين العاملين ليس علاقة خطية.



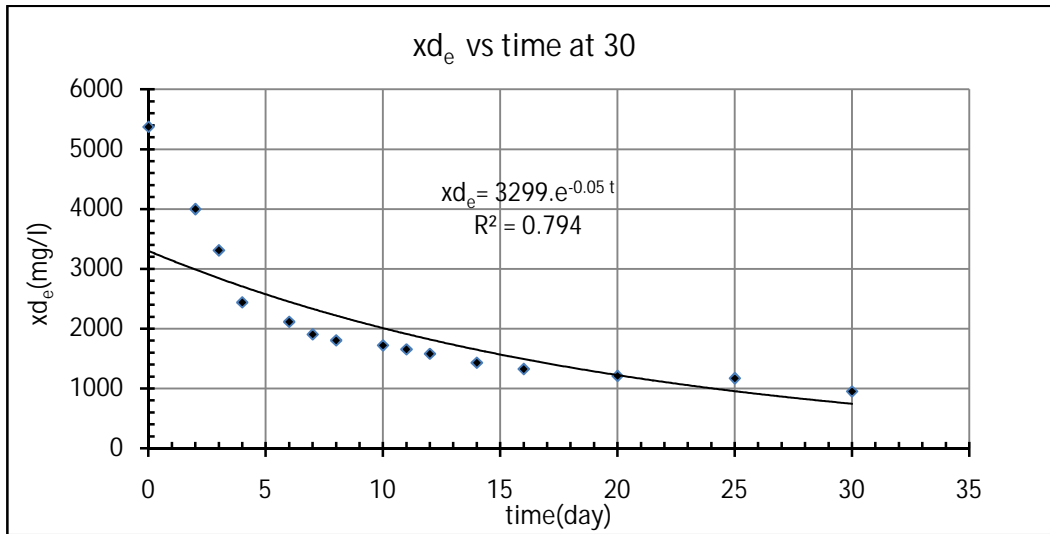
(3): العلاقة بين تركيز الأحياء المجهرية المتحللة وزمن الهضم عند درجة حرارة ( 15 )



(4): بين تركيز الأحياء المجهرية زمن الهضم عند ( 20 )



(5): بين تركيز الأحياء المجهرية زمن الهضم عند ( 25 )



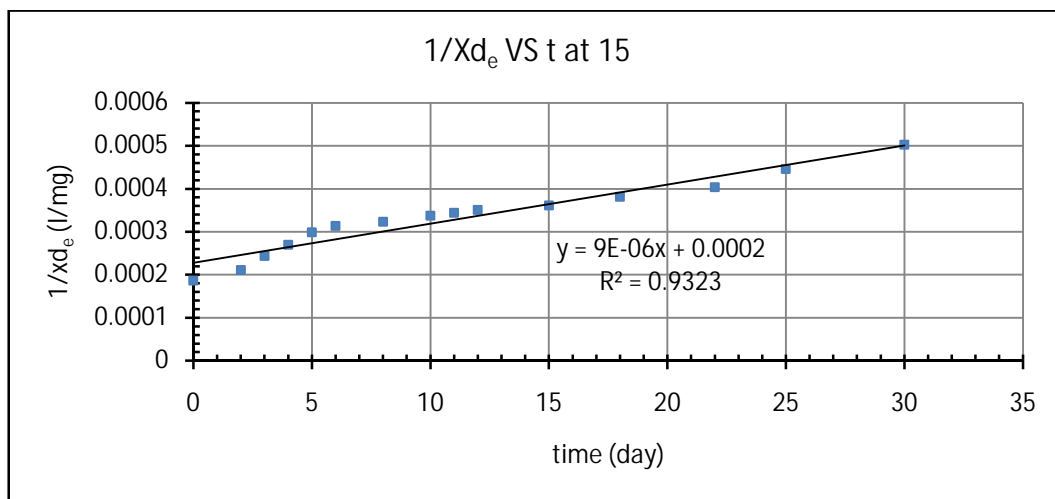
(6): بين تركيز الأحياء المجهرية زمن الهضم عند (30 )

و عند اختبار فرضية الحمأة المهضومة تتحلل هوائيا بموجب معادلة من الدرجة الثانية ( second order reaction ) :

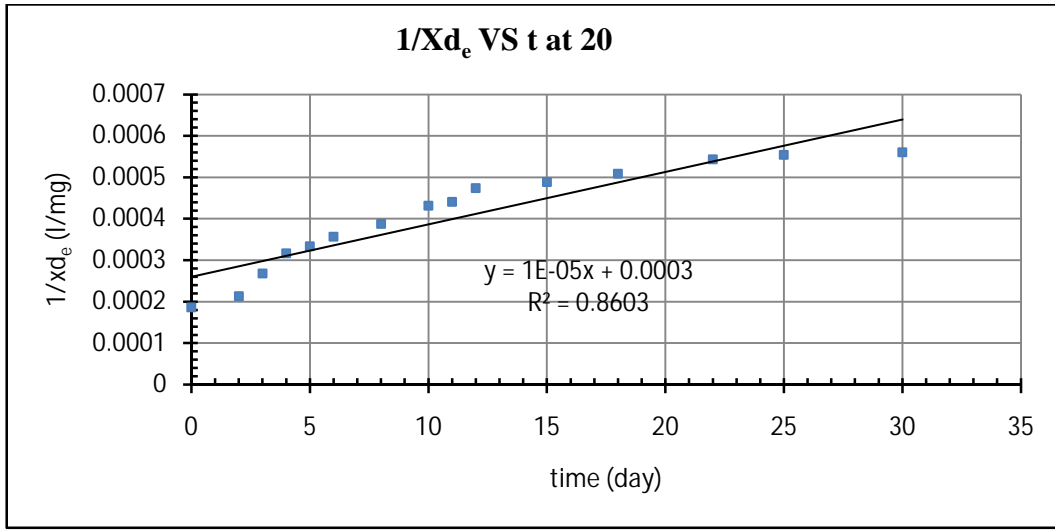
$$\frac{dx}{dt} = k \cdot x^2$$

$$\frac{1}{(x_d)_e} - \frac{1}{(x_d)_o} = k \cdot t$$

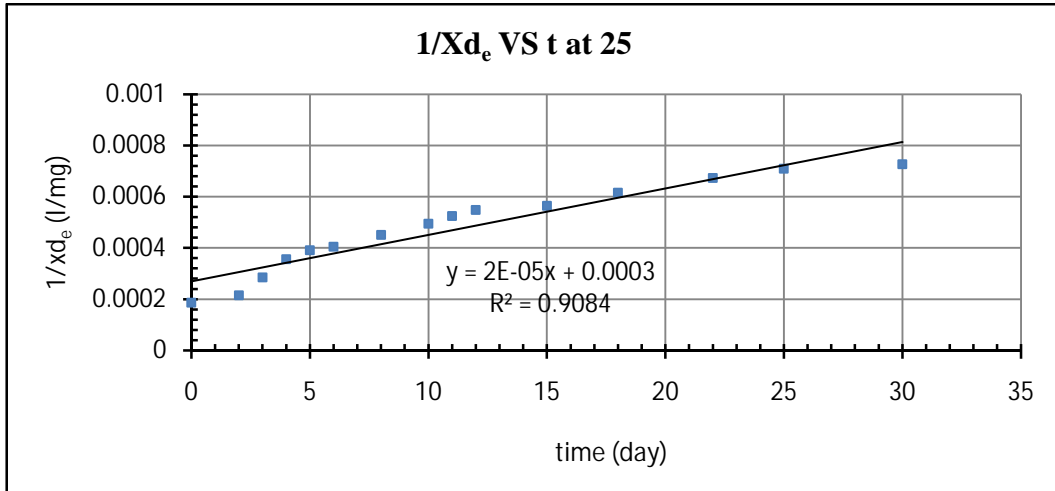
يتضح قيمة معمل الانحلال الحيوي الجديد (k) تمثل بميل العلاقة التي تربط بين مقلوب تركيز الحمأة المهضومة عند زمن معين وقيمة زمن الهضم وكما موضح في (7, 8, 9, 10). يتبين من هذه الانحلال الحيوي (k) يقدر بـ (9E-06, 1E-05, 2E-05, 3E-05) I/mg.d عند درجة حرارة هضم (20, 25, 30, 15). ويتضح أيضا (R<sup>2</sup>) في هذه الحالة (التفاعل من الدرجة الثانية) .



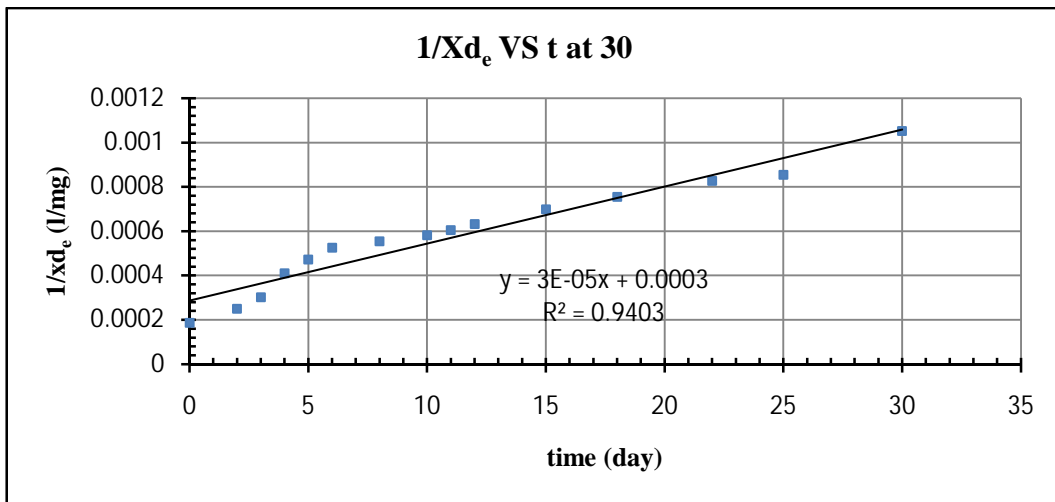
(7) العلاقة بين مقلوب تركيز الحمأة وزمن الهضم عند درجة حرارة (15 )



(8) العلاقة بين مقلوب تركيز الحمأة وزمن الهضم عند درجة حرارة ( 20 )



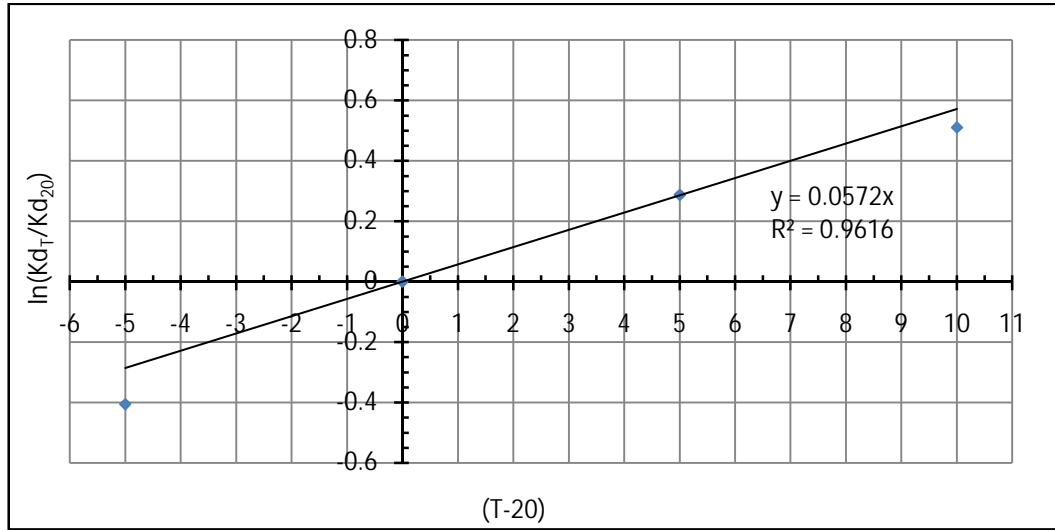
(9) العلاقة بين مقلوب تركيز الحمأة وزمن الهضم عند درجة حرارة ( 25 )



(10) العلاقة بين مقلوب تركيز الحمأة وزمن الهضم ( 30 )

ولغرض إيجاد قيمة الثابت الحراري ( ) لمعامل الانحلال الحيوي تم رسم العلاقة بين  $(\ln(k_{dT}/k_{d20}))$  و  $(T-20)$  (11)، يعبر ميل الخط المستقيم عن  $(\ln)$  حيث وجد ان قيمة ( ) (1.059). هذه القيمة مع الحدود الواردة في المصدر [7] (1.04 0.1) وجد بأنها

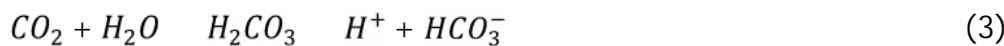
.4



معامل الانحلال الحيوي

(11): تأثير

ومن الضروري مراقبة الدالة الحامضية في الحدود المناسبة لعمل الحياء المجهرية (6-9) الهضم الهوائي وذلك من عدم خروج قيم الـ (pH) هذه القيم بسبب الهوائية للامونيا الناتجة عملية التحلل الهوائي للكتلة الحية داخل هذه ، حيث ينتج ية هذه ايون الهيدروجين الذي يعمل على خفض قيم الـ (pH) (2, 1) [2]. من ناحية يعمل غاز  $(CO_2)$  الناتج عن عملية التحلل الهوائي للكتلة الحية على زيادة سعة القاعدية (buffering capacity) (3, 4) [10]. وفي حالة عدم استيعاب سعة القاعدية لايونات الهيدروجين (2) سوف تنخفض قيم الـ (pH) بها عند ذلك يتوجب إضافة بعض المواد الكيميائية القاعدية من أجل قيم الـ (pH) وفي ه يبيغي تقدير كمية هذه المضافات. وفي هذا البحث أظهرت نتائج الدالة الحامضية (pH) تراوحاً بين (7.86-6.54) طيلة فترة الاختبار وللأحواض الثلاثة. إن سبب عدم حصول انخفاض في قيم الـ (pH) يعود إلى سعة القاعدية (buffering capacity) في مياه الأ الاختبارية.





1. Cheremisinoff, N.P. (2002) "Handbook of water and wastewater treatment technologies", Butterworth-Heinemann, USA.
2. Metcalf and Eddy, Inc. (2003) "Wastewater engineering treatment /disposal /reuse", fourth edition, *McGraw-Hill, Inc*, New York.
3. Ramdani, A. Dold, P.; Déléris, S.; Lamarre, D.; Gadbois, A.; and Comeau, Y. (2007) " Biodegradation of the endogenous residue of activated sludge", *Journal of Water Research*, Vol.47, Issue 68
4. Mike H. Kim; and Oliver J. Hao (1990) "Comparison of Activated Sludge Stabilization under Aerobic or Anoxic Conditions", *Journal of the Water Pollution Control Federation*, Vol. 62, No. 2, pp. 160-168
5. Droste, R. L; and Sanchez, W. A. (2004) "Modeling Active Mass in Aerobic Sludge Digestion", *Journal of Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 28, Issue 11, Pages 1699 – 1706
6. Bernard, S.; and Gray, N. F (2000) "Aerobic Digestion of Pharmaceutical and Domestic Wastewater Sludges at ambient temperature ", *Journal of Water Research*, Vol. 34, Issue 3, Pages 725-734
7. Eckenfelder, W.W. (2000) "Industrial Water Pollution Control", *McGraw-Hill*, New York, third edition.
8. Fouad, M. and Bhargava, R. (2005) "Sludge Production and Settleability Biofilm-Activated Sludge Process", *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 131, No. 3. pp.417-424
9. APHA; AWWA; WPCF (1998) "Standard methods for the examination of water and wastewater", 20<sup>th</sup> ed., *Am. Public Healthy Assoc.* Washington, D.C., USA
10. Viessman, W.Jr. and Hammer, M.J. (1985) "Water Supply and Pollution Control", *Harper and row Publishers Inc.*, New York, fourth edition.