الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح- ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم: الكيمياء

مذكرة

لنيل شهادة الماستر

تخصص: كيمياء تحليلية

من إعداد : حمي سمية

غزيز هجيرة

Optimization of bioethanol production from two varieties of dates: Ghares and Deglat noor

تحديد الإنتاج الأمثل للإيثانول الحيوي لصنفين من التمر : الغرس و دقلة نور

نوقشت يوم: 2019/07/02

أمام اللجنة المكونة من:

زنخري لويزة	أستاذ محاضر-أ-	رئيس
سعيدات مصطفى	أستاذ مساعد-أ-	مناقش
قواميد مسعود	أستاذ محاضر-أ-	مؤطر

السنة الجامعية:2019/2018

إهـــداء

إلى كل من وفر لنا سبيل التعلم و أنار لنا درب الحياة

إلى والدينا الكريمين و الأسرة الغالية

إلى زملائنا و رفقائنا في الدراسة و إلى كل الأصدقاء

من قريب أو بعيد

إلى كل من ساهم في إثراء هذا البحث

و في توجيهنا نهدي هذا العمل المتواضع

راجينا من العليم القدير أن يجعله خالصا لوجهه الكريم.

تشكـــرات

الحمد لله الذي بنعمته الصالحات

له الشكر على ما أنعم وله الحمد على ما أسدى

ثم الشكر الخالص إلى الحبيب المصطفى الذي أخرجنا من ظلمات الجهل

إلى نور العلم والإيمان صلى الله عليه وسلم.

أولا نتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ المشرف" قـــوامـــيد

مســـــعـــــود" لقبوله الإشراف على هذا العمل، الذي لم يبخل علينا

بنصائحه وتوجيهاته ومعلوماته وعلى ما أعطانا من وقت من أجل إتمام هذا

العمل جزاه الله خيرا إن شاء الله. كما نتوجه بشكرنا الخالص إلى الأستاذة "

زنخري لـــويزة " والأستاذ " سعيدات مصطفى "

لقبولهم مناقشتنا وتقييمنا.

ملخص: تعنى هاته الدراسة بإنتاج الايثانول الحيوي من صنفين من التمر هما (الغرس و دقلة نور) باستعمال طريقة التخمر و الخميرة (Saccharomyces cerevisiae) ، بغية رفع مردود الايثانول المنتج ركزت الدراسة على اختبار تأثير كل من درجة حرارة التخمر، كمية الخميرة المضافة و كذا زمن التخمر على كمية الايثانول الحيوي المراد انتاجها. اعطى تحليل النتائج أن العوامل المثلى لعملية تخمر هذين الصنفين: (الزمن يناهز (65h), الكمية الخميرة (2 g/l), درجة الحرارة (32 °C) في الوسط الحامضي (pH = 4.5))، فكانت النسبة المئوية القصوى لتحويل التمر الى إيثانول حيوي تعادل (55.94% wt/wt) للغرس و (49.77% wt/wt) لدقلة نور، و هي نسب واعدة مقارنة بما تنتجه المحاصيل الاخرى، كما تمت نمذجة كمية الايثانول الحيوي المنتجة بهاته الطريقة من تمر الغرس، و معامل الارتباط للنموذج الرياضي المتحصل عليه باستعمال (BBD) وبالاستعانة ببرنامج (minitab-17) كان يساوي (97.41%).

Abstract: This study focuses on the production of bioethanol from two types of dates (Ghares and Deglet noor) using the method of fermentation and yeast (Saccharomyces cerevisiae) to increase the yield of ethanol produced. The study focused on testing the effect of fermentation temperature on the amount of yeast added. The fermentation time is the amount of bioethanol to produce. The analysis of the results showed that the optimal factors for the fermentation process of these two types: (time of about 65h), amount of yeast (2 g/l), temperature (32°C) in acid medium (pH = 4.5) (55.94% w/w) for Ghares and (49.77% w/w) for Deglet noor, which is promising compared to other crops. The amount of bioethanol produced by the Ghares method and the correlation coefficient of the athlete model obtained using BBD and the minitab-17 program was equal to (97.41%).

الفـــــهـــر س

الإهـــداء	i
التشـــكرات	ii
الـملخـــــص	ii
الفهـــــرس	v
قائـــمة الأشكـــال	x
قائمـــة الجداول	xii
قـائمة الاختصارات	xiii
مقدمة عامـــــة	01
الفصل الأول I : النخـــيل و ثمارها	
I-1. تـــمهيـــد تـــاريـــخي	02
I-2. أصـــل النخـــيـــل	03
I-3. ذكر النخيل في الديانات السماويـــة	06
I-3-1. أجزاؤها في الآيات القرآنية	07
I-4. توصيف علم النبات لشجر النخيل	08
I-4-1. التوصيف المنهجـــــي (Systematic description)	08
I-4-2. الثمـــــرة و قمعها (Fruit and Fruit cap)	10
I-4-2-1. جدار الثمـــــرة	10
I-4-2-2. البذرة أو النـــــواة *(Stone)*	10

I-4-2-3. قمع الثمرة..... 10
I- 5. إنتاج ثمار النخيل في الجزائر.....11
I- 6. كمية الإنتاج العالمي من التمر.....11
I-7. مـــخلفات النخـــيل.....4
I- 8. التـــــوزيع الجـــغـــرافـــي لنخيل.....5
I- 8-1. التـــوزيع فـــــي العـــالـــم.....15
I- 8 -2. التـــوزيـــــع في الـــجـــزائـــر.....16
الفـــــصل الثانـــــيII : الـــــوقود الحـــيـــوي
II-1. مـــقدمـــــة.....17
II- 2. الطاقات المتجددة عموما و الوقود الأخضر خصوصا.....18
II-2-1. الطاقات المتجددة عامة.....18
II-2-2. الوقود الأخضر.....19
II-2-2-1. الإيثانول الحيوي (Bioethanol).....20
II-2-2-2. الديزل الحيوي (Biodiesel).....22
II-3.عملية إنتـــاج الايثانول الحـــيوي.....22
II-4. تعريف خميرة الخبز(Saccharomyces cerevisiae).....24
II-4-1. البنية الخلوية للخميرة (Structure cellulaire des levures).....24
II-4-2. أنواع الخمائر والبكتيريا المستعملة في تخمر الكحول

الإيثيلي.....24
II-4-2-1. البكتيـــــــريل.....24
II-4-2-2. الخمائـــر.....25
II-5. العوامل المؤثرة على عملية التخمر الكحولي.....25
II-5-1. تأثـــــير درجة الحرارة.....25
II-5-2. تـــــأثير pH.....25
II-5-3. دور O_2.....26
II-6. طرق إنتاج الإيثانول الحيوي بالتخمر..... 26
II-6-1. الطريقة الغير مستمرة (batch)..... 26
II-6-2. الطريقة الشبه مستمرة (fed-batch).....27
II-6-3. الطريقة المستمرة.....27
II-7. الاستهلاك والإنتاج العالمي الإيثانول الحيوي.....28
II-8. استخلاص الإيثانول الحيوي.....28
II-8-1. مرحلة التحويل.....28
II-8-2. مرحلة التسييل.....29
II-8-3. عملية التخمر.....29
II-8-4. مرحلة التقطير.....29
II-8-5. عملية التجفيف.....29
II-9. الإيثانول الحيوي كوقود للمحركات.....30
II-9-1. الإيثانول الحيوي كوقود حيوي في أوروبا.....32

II-9-2. الإيثانول الحيوي كوقود في الولايات المتحدة الأمريكية.....33
II-10. الإيثانول الحيوي لإنتاج الكهرباء..... 33
II-11. أفاق الإيثانول الحيوي المستقبلية.....34
الفـــصل الثـــــالـــــث III: طريقة العمل, المواد الوسائل المستعملة
III-1. مـــقدمـــــة..... 36
III-2. خطوات العمل.....36
1. تحضير العينة.....36
2. عملية التحلل.....36
3. الترشيح.....37
4. التخمر 37
5. التقطير 38
6. الأكسدة ببرمنغنات البوتاسيوم.....38
7. عملية أكسدة الكحول.....39
8. عملية معايرة فائض البرمنغنات.....39
III-3. المحاليل و المواد المستعملة.....42
III-4. الوسائل و الأدوات المستعملة.....42
III-5. حساب عدد مولات الايثانول الحيوي المنتجة في وسط التخمر.....42
الفصل الرابعIV : النتائج و مناقشتها
IV-1. مقدمة 44
IV-2. النتائج المتحصل عليها من تمر الغرس 44

IV-3. النتائج المتحصل عليها لتمر دقلة نور.....45
IV-4. المنحنيات.....48
1. الغرس.....48
2. دقلة نور.....51
IV-5. مردود تحويل التمر الى إيثانول حيوي.....57
IV-6. نمذجة عدد مولات الايثانول المنتجة من التمر الغرس.....57
IV-7. شـــرح مجـــمل.....58

المـــراجع

قائمة الأشكـــال

رقم الشكل	عـــــــــنوان الشـــــكل	الصفحة
(1-I)	-حدود تواجد النخيل بالعالم.	06
(2-I)	-صورة لأجزاء ثمرة نخيل التمر من صنف الغرس	11
(3-I)	-رسم توضيحي لنخلة التمر (*phoenix Dactylifera*)	12
(4-I)	-التـــــــوزيع الجـــغـــرافـــي لـــزراعـــة النـــخيـــــل في العـــالـــم	15
(5-I)	-خريطة توضح التوزيع الجغرافي لأصناف نخيل التمر في الجزائر	16
(1-II)	-نسب إنتاج الوقود الحيوي في بعض دول العالم	20
(2-II)	-بنية الايثانول	21
(3-II)	-الطرق الصناعية لتخمر الســـــــــــــــــــــــكريات	27
(4-II)	-التحلل المائي للسكروز	29
(1-III)	-صـــــنفي التمر المستعمل (غرس و دقلة)	36
(2-III)	-عـــــــــــــــــملية تحلل التمر المستعمل	37
(3-III)	-عـــــــــــــــــــــــملية الترشيح	37
(4-III)	-عملية التخمر (في البداية و في خضم العملية)	38
(5-III)	-عملية التقطير	38
(6-III)	-عملية أكسدة الايثانول	39
(7-III)	-عملية معايرة البرمنغنات بمحلول ملح موهر	40
(8-III)	-خطوات انتاج الايثانول الحيوي بالتخمر و معايرته	41
(1-IV)	-عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند	48

(28°C)
(2-IV) -عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (32°C) 49
(3-IV) -عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (36°C) 50
(4-IV) -عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة درجة الحرارة عند(72h) 51
(5-IV) -عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر دقلة نور بدلالة الزمن عند(28°C) 52
(6-IV) -عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر دقلة نور بدلالة الزمن عند (32°C) 52
(7-IV) -عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر دقلة نور بدلالة الزمن عند(36°C) 53
(8-IV) -عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الدقلة بدلالة درجة الحرارة عند (72h) 54
(9-IV) -كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر الغرس عند (28°C) 54
(10-IV) -كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر الغرس عند (32°C) 55
(11-IV) -كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر الغرس عند (36°C) 55
(12-IV) -كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر دقلة نور عند (28°C) 56
(13-IV) -كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر دقلة نور عند (32°C) 56
(14-IV) -كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر دقلة نور عند (36°C) 56
(15-IV) -نسبة تحويل التمر بنوعيه الإيثانول الحيوي بدلالة الزمن عند (1.0g)-(32°C) 57

قـــائـــمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجـــــــــــدول	الصفحة
(1-I)	الإنتاج العالمي للتمور خلال الفترة (2007 – 2010).	13
(1-II)	خواص الإيثانول.	21
(2-II)	مردود الإيثانول من بعض المصادر.	22
(3-II)	الإنتاج العالمي من الإيثانول الحيوي ما بين (2007–2011) (الوحدة مليون لتر).	28
(4-II)	مقارنة خصائص الإيثانول الحيوي النقي (E100) مع البنزين الخالي م الرصاص.	31
(5-II)	كمية الإيثانول الحيوي المنتجة لعام 2006 في بعض للدول.	31
(6-II)	يمثل نوع الوقود ونسبة انخفاض غازات الاحتباس الحراري.	35
(1-IV)	عدد مولات الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من عصير تمر الغرس.	44
(2-IV)	عدد مولات الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من تمر دقلة نور بدون نوى.	45
(3-IV)	كتلة الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من عصير تمر الغرس.	46
(4-IV)	كتلة الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من عصير تمر دقلة نور.	46
(5-IV)	-مردود تحويل تمر الغرس الى إيثانول كنسبة مئوية.	47
(6-IV)	مردود تحويل تمر دقلة نور الى إيثانول كنسبة مئوية.	47

قائمـــة الاخـــتصـــارات والتسميات

اختصارها	الكلمة
E100	الإيثانول الحيوي النقي
(E85-E5)%	مزيج من الإيثانول الحيوي
ETBE	Ethyl–Terio–Buty–Ethel
FFV	مركبات وقود مرنة
Vp	حجم برمنغنات البوتاسيوم الفائض من عملية الأكسدة
C_P , C_{kMno4}	تركيز برمنغنات البوتاسيوم
V_M	حجم ملح موهر
C_M	تركيز ملح موهر
n_{KMnO4}	عدد مولات البرمنغنات المستهلكة في الأكسدة
V_T	حجم البرمنغنات الكلية
n_{eth}	عدد مولات الايثانول في مزيج الأكسدة
N_{eth}	عدد مولات الايثانول في مزيج التقطير
$N_{ethanol}$	عدد مولات الايثانول في مزيج التخمر
$m_{ethanol}$	كتلة الايثانول الناتجة في وسط تفاعل التخمر
néth	عدد مولات الإيثانول لكل 1 ل
R(%)	مردود تحويل التمر الى إيثانول حيوي
Q(g)	كمية الخميرة
T(°C)	درجة الحرارة

t(h)	زمن التخمر
R-sq	معامل الارتباط
R-sq(adj)	معامل الارتباط المعدل
Error Sum of Squares	مجموع مربعات الأخطاء
BBD	Box-Behnken design.
DOE	Design of Experiment

مقدمة

مـــــقدمة عامة:

بعد إدراك المشاكل الناجمة عن ظاهرة الاحتباس الحراري , ازداد الإهتمام بالبيئة على الصعيد الحكومي والمدني، فأصبح التفكير جديا في الحد من الانبعاثات عموما وانبعاث ثاني أكسيد الكربون خصوصا، مما جعل الباحثين يقترحون حلول بديلة للمواد الاحفورية كالفحم والنفط ومشتقاته، فكان من بين البدائل هو تعويض البنزين في محركات الاحتراق الداخلي بالإيثانول الحيوي، من هذا المنطلق ولكون الجزائر تزخر بعدد هائل من النخيل وبأنواع متعددة من التمور فان بحثنا هذا ارتكز على هاته المعطيات لإنتاج الايثانول الحيوي من نوعين من التمور ولتحسين الكمية المنتجة ارتأينا دراسة العوامل المؤثرة على تفاعل تخمر عصير التمر لتحويله الى إيثانول حيوي، فارتكز اهتمامنا على دراسة تأثير كل من كمية الخميرة وزمن التخمر وكذا درجة الحرارة على كمية الايثانول الحيوي المنتج. ومحاولة إيجاد نموذج رياضي يربط تلك العوامل بالاستجابة (الكمية المنتجة) بغية تطوير عملية انتاج الايثانول الحيوي صناعيا وليس مخبريا فحسب، خاصة وأنه سوف يشهد الايثانول الحيوي اقبالا متزايدا مستقبلا لاستعماله في مجالات شتى مما يدفع بالعمليات الصناعية إلى ذروتها وهذا بدوره سوف يؤدي الى انتاج متزايد من التمور لتغطية الطلب الصناعي المتزايد وتدخل العملية برمتها في دورة اقتصادية متكاملة يغذي بعضها البعض الأخر منشطا بذلك اقتصاد البلد في مجمله. بالإضافة الى كون هاته الدراسة مفتاحية من حيث أنها تحدد تأثير كل عامل من العوامل المذكورة إلى كمية الايثانول الحيوي المنتج من التمور إلا أنها أيضا ذات جدوى بيئة عالية خاصة على المدى الطويل وذلك بإبعاد المواد الاحفورية ومشتقاتها الضارة واستبدالها كليا بالإيثانول الحيوي (الوقود الاخضر). وفي الاخير تجدر الإشارة الى أن عملنا هذا اقتصر فقط على استخدام نوعين من التمر هما (الغرس و دقلة نور) في عملية انتاج الايثانول الحيوي وذلك لأن اختبار ثلاث عوامل بثلاث مستويات يقتضي (27 تجربة مخبرية) لكل نوع من التمر، أي (54 تجربة مخبرية) في المجمل، وهذا قاد الى استهلاك كميات معتبرة من المواد المستخدمة في التجارب.

الفصل الأول :

النخيل و ثمارها

I-1. تمهيد تاريخي:

تعود معرفة الإنسان بالنخلة إلى سنوات موغلة في القدم، فلقد تم العثور على حبوب الطلع في كهف شانيدار في شمال العراق، حيث يبلغ عمر هذا الكهف حوالي 60000 عام كما عثر في تنقيبات سومر على ختم أسطواني، يعود للفترة ما بين القرن الثاني والثلاثين والقرن الثاني والعشرين قبل الميلاد، قد حفر الفنان السومري من عليه أول قصة يُقال حكاها العقل البشري عن آدم وحواء والنخلة في هذا الختم [1].

اهتم الإنسان منذ القدم بالنخلة لما جناه من منافع من منتوجها، فكان التمر غذاءه ومصدر قوته، كما انتفع من أجزاءها المختلفة، فمنها صنع سقف بيته ومنها صنع المراوح اليدوية (المهفة) والحبال والحصير وغيرها من الوسائل، وفي العصر الحديث ولتزايد الاهتمام بمسائل البيئة، وبعدما أدرك الإنسان الحاجة إلى محيط نظيف من خلال ناقوس الخطر الذي دقه الباحثون جراء ما جمعوه من معطيات وبيانات تفيد بضرورة حماية البيئة وتدوير المخلفات الصناعية والزراعية على حد سواء، فكان أن ظهرت فرق بحث ومؤسسات تعنى بذلك، لبلوغ الغاية المنشودة، وعلى ضوء ذلك حظيت دراسة المخلفات الزراعية باهتمام بالغ، و أخذ الباحثون على عاتقهم دور تثمين هاته المخالفات وتحويلها إلى مواد ينتفع بها الإنسان و الحيوان وحتى النبات نفسه، فكان أن ظهر منها الوقود العضوي كبديل للوقود الأحفوري، وتحويلها إلى سوائل عضوية بالغة الفائدة في العمليات الصناعية وفي صناعة الورق وحتى المنكهات كالفانيلا والأعلاف وسماد التربة وغيرها.

إضافة لما سلف وانطلاقا من سنة (1940) حينما ظهر أول راتنج (resin) مدعم بألياف الزجاج كمواد مركبة (Composites) وجه الباحثون اهتمامهم الى هاته المواد مما قادهم البحث المتواصل إلى استخدام الألياف النباتية أو المنتجة منها كألياف الكربون في المواد المركبة ولقد غزت جل القطاعات، فعلى سبيل المثال لا الحصر دخل استعمال الألياف النباتية أو المنتجة في صناعة الطائرات والسيارات والمباني

وغيرها، وبهذا تخطت تحديين مهمين هما التحدي البيئي والتحدي الاقتصادي ووجد أن المخلفات الزراعية هي الأكثر ملائمة لإنتاج تلك المواد المركبة، لكونها تمتاز بخصائص مهمة منها المتانة والخفة والتكلفة الزهيدة وهذا ما جعل وزارة الدفاع الأمريكية سنة (2013) تخصص مليارات الدولارات لأبحاث ألياف النانوسيليلوز، كما أن السلطات الفيدرالية فتحت في جويلية 2012 في ولاية Wisconsin وحدة لتصنيع النانوسيليلوز وقدرت سوقه إلى غاية 2020 بحوالي 600 مليار دولار ما يعادل (465 مليار اورو) [2].

وحسب العديد من الأبحاث المنشورة التي أجريت على المخلفات الزراعية، نجد منها ما كان يندرج ضمن تثمين استخدام ألياف القنب (Hemp) [3] وألياف نبات الكتان (Flax) [4] وألياف شجر الكالبتوس و ألياف الطحالب وحتى ألياف الأرز والموز والبطاطا وغيرها .

I-2. أصل النخيل:

يعد النخيل (*Phoenix dactylifera* L.) إذا ما دققنا في أصله غابر في التاريخ وبشكل يصعب تحديد بدايته، ومع ذلك ومن المؤكد أن النخيل كان يغرس في زمن مبكر فحوالي 4000 سنة قبل الميلاد تم استخدامه لبناء معبد إله القمر قرب أور في جنوب العراق – بلاد مابين النهرين [5].

وكمزيد من الإثبات عن قدم أصل النخيل فلقد كان المصريون القدماء على ضفاف نهر النيل يجعلون من النخلة رمزا إلى السنة في اللغة الهيروغليفية وبسعفه رمزا للشهر [6]، ومع ذلك لم تكن زراعة النخيل مهمة في مصر إلا في زمن متأخر حوالي 2000 إلى 3000 سنة قبل الميلاد، مقارنة عما كانت في العراق [7].

ما سلف ذكره يؤكده التاريخ وتدعمه الأبحاث الأثرية على البقايا التاريخية القديمة للسومريين والبابليين، فلقد كانت أسقف بيوت هاته التجمعات السكانية من جذوع النخل وسعفه، كما كان التمر يستعمل عندهم للأغراض الطبية ناهيك عن استخدامه كغذاء.

كخلاصة يعتقد أن شجرة النخل هي على الأرجح أقدم شجرة زرعت في العالم، كما يمكن فرض وبشكل مرجح أن الإشارة إلى النخلة في الديانة اليهودية والمسيحية والإسلامية يرجع إلى تأثر النبي إبراهيم عليه السلام, الذي ولد ونشأ في مدينة أور القديمة حيث كانت تزرع أشجار النخيل وبسبب حبه لها ظهرت كما أسلفنا في الديانات السالفة الذكر.

يعتبر اليهود التمر واحدة من سبع فواكه مقدسة ، ويحتفلون بالنخلة في أحد الشعانين (عيد مقدس لديهم) ولكن لا دين آخر أكد على قداسة التمر والنخيل كما قدسته الديانة الإسلامية، فالقرآن الكريم أشار إلى التمر والنخيل في 17 سورة من أصل 114 سورة و في عشرين آية من أصل 6263 آية، و كان النبي محمد عليه الصلاة والسلام أن قال أن أفضل ملكية هي النخيل لأن التمر يعالج العديد من الاضطرابات وحث المسلمين على تناول التمر والاهتمام بالنخل.

في هذا النص نجد ذكر النخيل ((وجاءوا إلى إيليم، حيث كانوا اثنتا عشرة بئرا للمياه وثلاث نقاط وعشر أشجار نخيل، فنزلوا هناك عند الماء)) (سفر الخروج). كانت إيليم واحدة من الواحات حيث تقيم إسرائيل معسكرا خلال رحلتهم من مصر عبر سيناء إلى أرض الميعاد، كما أن السبعون شجرة المذكورة في سفر الخروج، 45:27، كانت أشجار النخيل خلال عهد التوراة معروفة في كل من مصر وبلاد الشام وفي ما يسمى حاليا إسرائيل.

فينيقيا وهي الاسم الذي كان يطلق على جزء من بلاد الشام وتعرف الآن "بصور وصيدا"، كان يطلق عليها من طرف الرومان واليونانيين" أرض النخيل" كما أن بعضا من القطع النقدية في كل من صور وصيدا تحمل صورة النخل، وكانت صورتها كذلك في العملة اليهودية الصادرة في وقت يهوذا المكابي (Judas *Maccabeus*) حوالي 175 قبل الميلاد. كما في ذكرى غزو اليهود وتدمير القدس من قبل تيتوس

(*Titus*) في 70 ميلادية، أصدر الإمبراطور الروماني فيسباسيان (*Vespasian*) عملة تظهر فيها امرأة تبكي جالسة تحت شجرة النخيل.

ذكر المؤرخ اليهودي فلافيوس جوزيفوس (*Flavius Josephus*) أنه خلال الفترة التي عاشها (القرن الأول ميلادي), كانت لا تزال بساتين النخل بالقرب من أريحا وحول بحيرة الخليل على جبل الزيتون وداخل وحول القدس، كما تجدر الإشارة وبشكل عابر أن الكلمة العبرية التي تعني النخيل هي " تامار " وأصبحت هاته المفردة تعني عند اليهود النعمة والأناقة، وعادة تطلق كاسم على النساء عندهم، فعلى سبيل المثال سميت بذلك أخت أبشالوم (*Absalom*) في إشارة إلى رشاقتها وحسن قدها، وإلى غاية اليوم نجد في إسرائيل مصطلحات " تمار *Tamar* " و" تمارا *Tamara* " و" تماره *Tamarah*" كأسماء للبنات عندهم .

كان انتشار زراعة النخيل في ربوع المعمورة في القرون الماضية وفق اتجاهين اثنين:

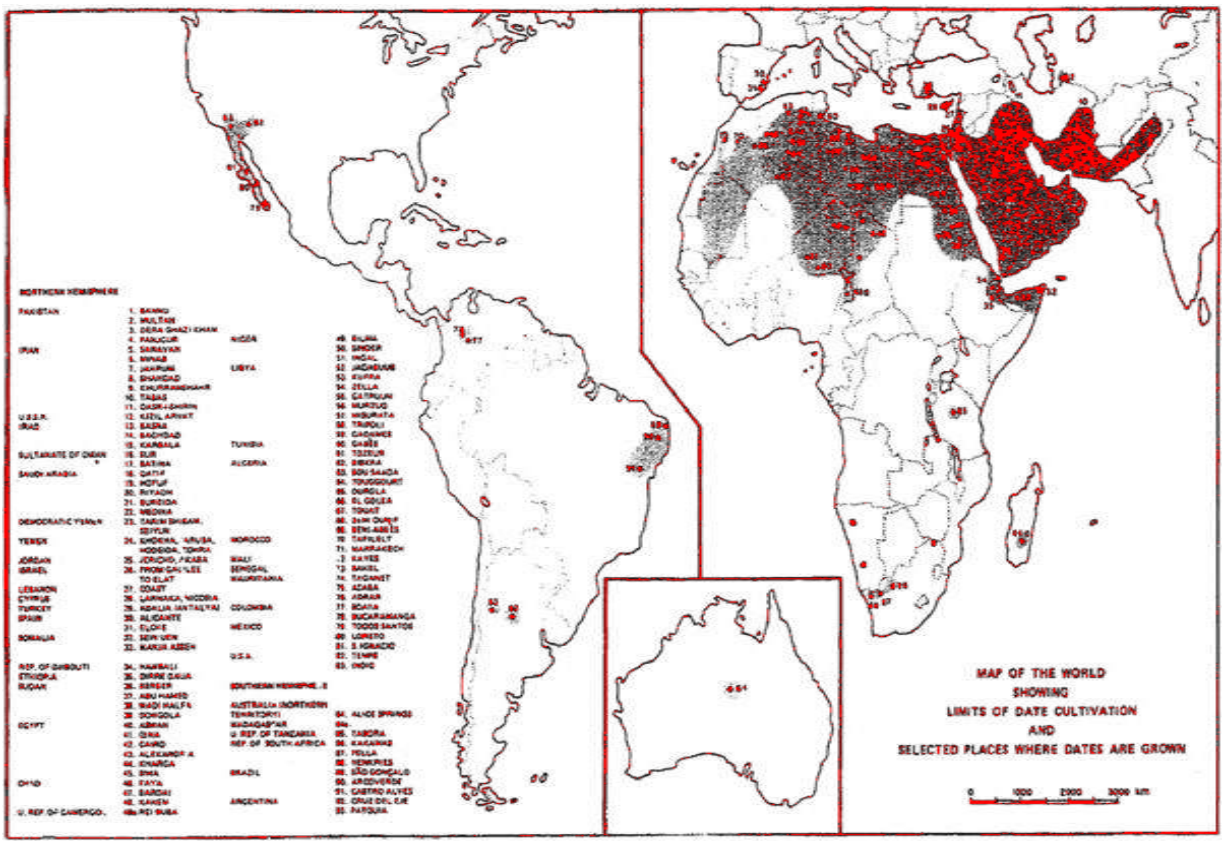
<u>الأول</u>: بدءا من (*Mesopatamia*) وهي كلمة إغريقية تعني بلاد مابين النهرين إلى إيران.

<u>الثاني</u>: بدءا من مصر في اتجاه ليبيا والمغرب العربي ودول الساحل.

فكان موطن شجر النخيل في المغرب العربي في المناطق التالية بسبب مناخها: تونس (منطقة الجريد *Djerid*) وفي الجزائر(مناطق سوف *Souf* وواد ريغ *Oued Righ* وورقلة *Ouargla* والساورة *Saoura*) وفي المغرب (تافيلالت *Tafilalet* ودرعة الوديان *Draa Valleys*) وفي موريتانيا (أدرار *Adrar*). وفي الجنوب أدخل إلى مالي (تسيلي *Tessili*) والنيجر (جادو كوار *Djado-Kaouar*) وتشاد (بوركو تيبستي *Borkou-Tibesti*). وكان هذا الانتشار متأخرا قليلا عما حصل بالسودان، حيث تزامنت زراعة النخيل فيه مع العصر الحجري الحديث لوجود هاته الزراعة قرب مواقعه.

وأصبح ممكنا إقامة غابات النخيل والواحات بفضل تطور تقنيات الري، وبدأ هذا في الصحراء خلال القرون الأخيرة قبل عصرنا مباشرة، وتم التوصل إلى تطوير الطرق المثلى فقط خلال القرن الخامس والسادس حينما أصبحت قوافل الجمال التجارية تعبر الصحراء.

وحسب (*Dowson*)[8] فإن العالم القديم لأشجار النخيل يمتد من الشرق إلى الغرب على مسافة تقارب 8000 كلم ومن الشمال إلى الجنوب على مسافة تناهز 2000 كلم، كما أن أشجار النخيل تحتل نسبة قدرها 3 بالمائة من المساحة المزروعة بالعالم. وفي السنوات الأولى من القرن التاسع عشر (1912) تم إدخال أشجار النخيل إلى الجزء الغربي من أمريكا الشمالية مثل صحراء كولورادو وصحراء اتاكاما وغيرهما .



الشكل (I-1): حدود تواجد النخيل بالعالم.

I-3. ذكر النخيل في الديانات السماوية:

لأهمية النخلة ورد ذكرها في العهد القديم ومن بعض نصوصه التي تتحدث عنها نجد: في التوراة نجد اسم أريحا على أنه مدينة النخل وورد ذكرها بهذا الاسم في سفر القضاء مرتين أولاهما (وغادر أبناء القينى حمى موسى مدينة النخل (أريحا) وذهبوا مع سبط يهوذا إلى برية يهوذا) (القضاة 1إلى 16).

يقول المزمور الثاني والتسعون من بين ما يقول: (الصديق يزهو كالنخلة وينمو كالأرز في لبنان لأن المغروسين في بيت الرب يزدهرون في ديار بيت إلهنا يثمرون أيضا في الشيخوخة ويظلون موفري العافية والنضرة (المزامير 92 الى 12). ((وجاءوا إلى إيليم، حيث كانوا اثنتي عشر بئرا للمياه وثلاث نقاط وعشر أشجار نخيل، فنزلوا هناك عند الماء)) سفر الخروج.

وفي التلمود أفتى (راب) وزعيم علماء التلمود بعدم جواز قطع نخلة تزيد غلتها على المن من التمر (بابا بثرا 26 أ). وينصح أحد كبار التلمود (رابا بن هناء) الأوصياء على أموال القاصرين أن يستثمروها في بساتين النخيل لان أرباحها مضمونة (بابا بثرا 26 أ).

كما ورد ذكر النخلة في القرآن الكريم في سور عديدة بلغت 17 سورة، تارة مشيرا لثمرها و تارة أخرى لأجزائها على المنوال الآتي: "يُنبِتُ لَكُم بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ". (النحل –11).

" وَفِي الْأَرْضِ قِطَعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِنْ أَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنْوَانٌ وَغَيْرُ صِنْوَانٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفَضِّلُ بَعْضَهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ".(الرعد–4).

I-3-1. أجزائها في الآيات القرآنية :

- " وَالْقَمَرَ قَدَّرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ " (يس –39)

- " قَالَ آمَنتُمْ لَهُ قَبْلَ أَنْ آذَنَ لَكُمْ إِنَّهُ لَكَبِيرُكُمُ الَّذِي عَلَّمَكُمُ السِّحْرَ فَلَأُقَطِّعَنَّ أَيْدِيَكُمْ وَأَرْجُلَكُمْ مِنْ خِلَافٍ وَلَأُصَلِّبَنَّكُمْ فِي جُذُوعِ النَّخْلِ وَلَتَعْلَمُنَّ أَيُّنَا أَشَدُّ عَذَابًا وَأَبْقَى " (طه – 71)
- " تَنزِعُ النَّاسَ كَأَنَّهُمْ أَعْجَازُ نَخْلٍ مُنْقَعِرٍ " (القمر– 20)

ناهيك عن الأحاديث الشريفة الكثيرة التي ذكرت النخل ومنها:

حدثنا عمر بن حفص بن غياث حدثنا أبى حدثنا الأعمش قال حدثني مجاهد عن عبد الله بن عمر رضى الله عنهما قال: بينما نحن عند النبي صلى الله عليه وسلم جلوس إذ أتي بجمار نخلة، فقال النبي صلى الله عليه وسلم: (إن من الشجر لما بركته كبركة المسلم). فظننت أنه يعني النخلة، فأردت أن أقول: هي النخلة يا رسول الله، ثم التفت فإذا أنا عاشر عشرة أنا أحدثهم فسكت، فقال النبي صلى الله عليه وسلم: (هي النخلة) الراوي: عبد الله بن عمر المحدث: البخاري – المصدر: الجامع الصحيح.

I-4. توصيف علم النبات لشجر النخيل:

يطلق في علم النبات (*botany*) على شجر نخيل التمر (*Phoenix dactylifera L.*) وبالانكليزية (*Date Palm*) وقد اشتق من الكلمة الفينيقية (*phoenix*) والتي تعني نخلة و(*dactylifera*) اشتقت من الكلمة اليونانية (*daktulos*) والتي تعني أصبع إشارة إلى شكل الفاكهة (التمر) [9].

I-4-1. التوصيف المنهجي (Systematic description):

حسب تصنيف عالم النبات السويدي الأصل (*Lenneus*) تأخذ نخلة التمر التوصيف التالي [10]:

- القسم (*Division*): الوعائيات (القصيبات *Tracheophyta*).
- تحت القسم (*Sub Division*): مغطاة البذور (*Anchiospermeae*).
- الصف (*Class*): ذوات الفلقة الواحدة (*Monocotylendoneae*).

- الرتبة (*Order*): النخيلية (*Palmae*).
- *العائلة* (*Family*): *النخيليات* (*Palmaceae*).
- الجنس (*Genus*): فينكس (*Phoenix*).
- النوع (*Species*): داكتيليفيرا (*Dactylifera*).

و هذا التصنيف لا يختلف كثيرا عن مثيله الذي قدمه (*Dransfield and Uhl*) سنة 1986 [11]:

– Group:	Spadiciflora
– Order:	Palmea
– Family:	Palmaceae
– Sub–family:	Coryphyoideae
– Tribe:	Phoeniceae
– Genus:	Phoenix
– Species:	*Dactylifera L.*

يضم جنس فينكس (*Phoenix*) أربعة عشرة نوع (*Species*) من النخيل منتشرة في آسيا وإفريقيا وقريبة الشبه من نخل التمر. يتميز نوع نخيل التمر (*Phoenix dactylifera .L*) عن بقية الأنواع من جنس فينكس في كون لها قابلية على إنتاج الفسائل (الصروم *Shoots*) أو الخلفات (*Off sets*) ويطلق عليها أحيانا مصطلح السرطانات (*Suckers*) وهي عبارة عن زوائد خضرية تنشأ من البراعم الجانبية الابطية (*Auxiliary buds*) في إبط سعف النخيل عند اتصالها بالقاعدة جذع النخلة الرئيسي، وعادة تظهر برعمة واحدة في إبط كل سعفة عند بداية تكوينها. هذه البراعم قد تنمو إلى فسائل أو إلى أنواع من التراكيب الوسيطية التي قد تحوي أجزاء زهرية غير كاملة أو إلى نورة زهرية (طلع) أو قد تموت. جشرة يخنل

الـــمتر من النباتات ذوات الفلقة الواحدة (*Monocotyledons*) كتتون من جذع منفرد في قمته برعمة طرفية ضخمة (*Giant Terminal Bud*) مسؤولة عن استطالة الجذع ولغتظه إلى قطر يعمن كما تعد سمؤولة عن منو السعف وابآبطها البراعم. وهذا النمو كيون تمداخلا (*Inter calary Grouth*). ولكون نخلة التمر من اتابنت ذوات الفلقة الواحدة فالشجرة حتلاوي على ما يسمى بالنسيج المولد (الكامبيوم *Cambium*) أو من حلقة ثابتة من الحزم الوعائية وعليه لايوجد بها نمو ناثوي كسائر الأشجار ذوات الفلقتين كالتفاح أو البرتقال، لهذا قيدر معر النخلة بواسطة طول الجذع وتريتب السعف وليس من قطره [10].

I-4-2. الثمرة وقمعها (Fruit and Fruit cap):

الثمرة الناضجة في نخيل التمر ابعرة عن مثرة لبية (*Berry Frui*) أحادية البذرة (النواة) وهي من الثمار البسيطة الطرية يغر منتفخة الجدران، ولتخيف شكلها بـ إلاتخف أصنافها، افتيوت طولها من 20–60 مم وقطرها من 8–30 مم، وقمع الثمرة يدعى التويج وتتكون الثمرة من الأجزاء التالية:

I-4-2-1. جدار الثمرة:

يحتوي على ثلاث مناطق وهي الجدار الخارجي ويكون جلدي ورقيق وجدار أخر وسيطي يمثل لحم الثمرة ثم الداخلي ويكون غشائي ورقيق يحيط بالبذرة يفصل بينها وبين لحم الثمرة.

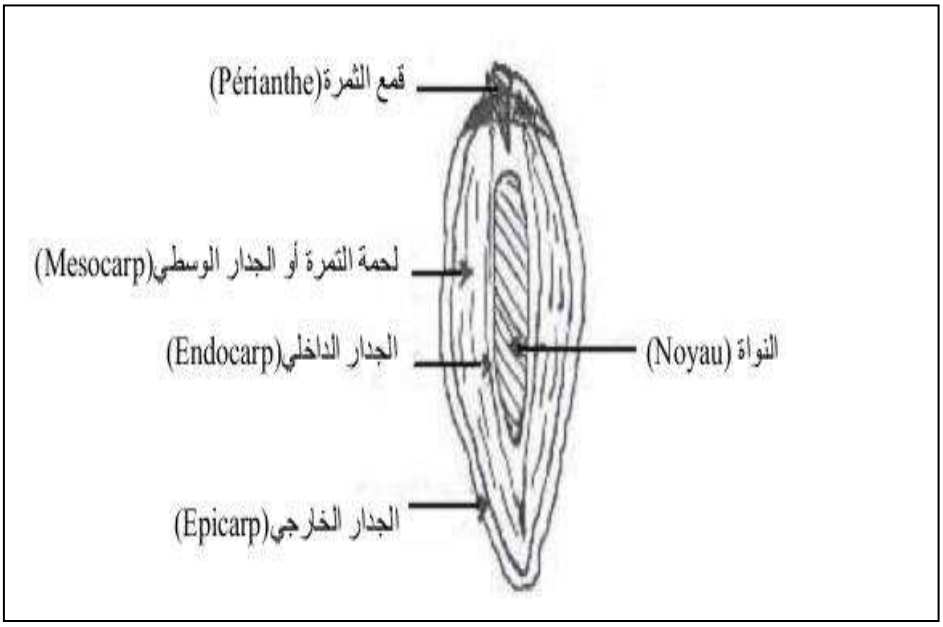
I-4-2-2. البذرة أو النواة (*Stone*):

بذرة امثر يخنل التمر ابعرة عن سجم لصب شبه أسطواني أو مجنح أو مضلع في بعض الأانصف مذبب نوعاً ما عند طرفيها تحتل اعدة وسط الثمرة قتريبا .

I-4-2-3. قمع الثمرة:

يمثل بقايا غلاف الزهرة الذي يصل الثمرة بشمراخ العنق الثمري ويدعى التويج.

حيث يوجد في الجزائر حوالي 800 صنف من أصناف التمور المتنوعة من بينها دقلة نور، الغرس، الدقلة البيضاء والحمراوية وغيرها من الأصناف [11،12].



الشكل (I-2): صورة لأجزاء ثمرة نخيل التمر

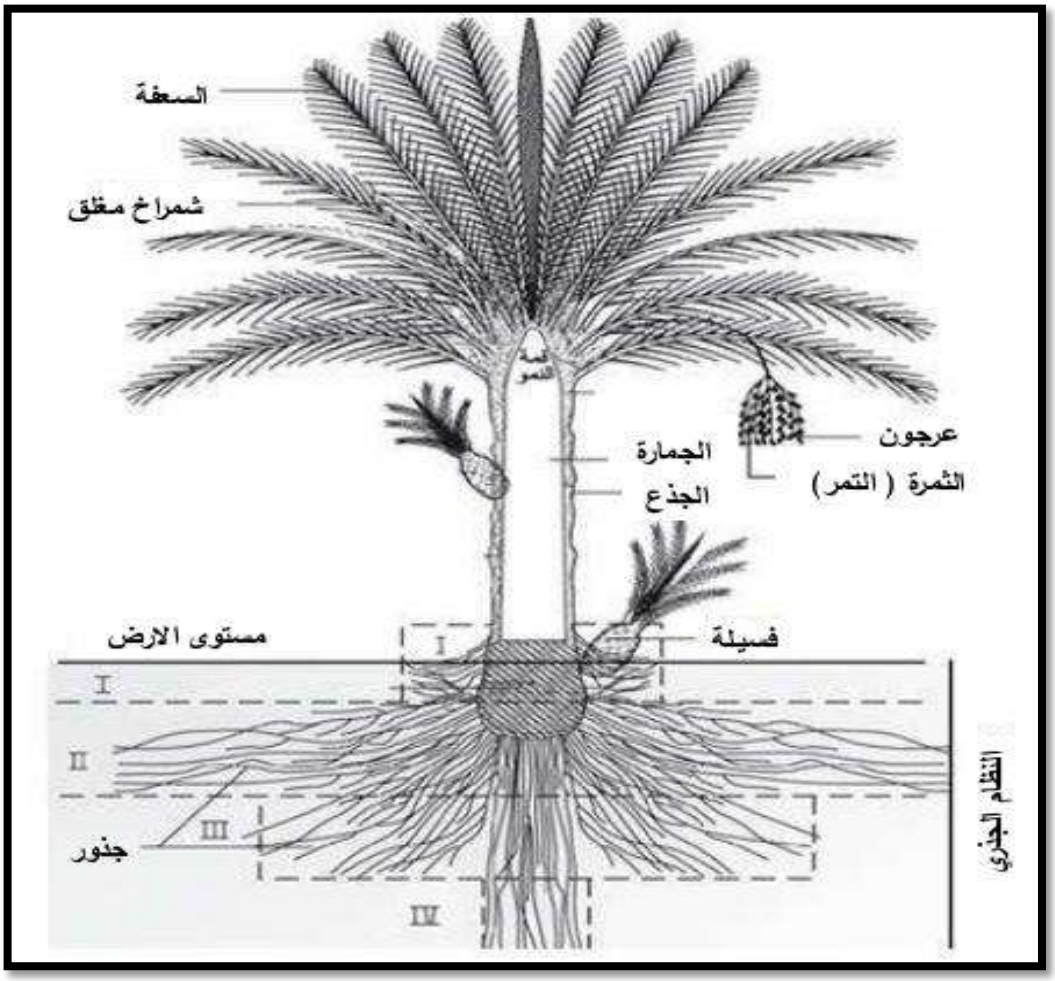
I-5. إنتاج ثمار النخيل في الجزائر:

يمكن التنويه إلى أنه لا توجد إحصائية حديثة ودقيقة عن عدد النخيل وإنتاجه من التمر في الجزائر، ومع ذلك يمكننا تقديم بعض الأرقام الواردة في جملة من الأعمال العلمية، فعلى سبيل المثل ورد ما عدده 17 مليون نخلة في سنة (2011) [15] ، بينما أورد الباحث شحمة [16] أن العدد الإجمالي لشجر النخيل بالجزائر يناهز 10 مليون نخلة في سنة (1996)، ومتوسط إنتاج النخلة الواحدة مابين (50-100 كغ).

I-6. كمية الإنتاج العالمي من التمر:

فاكهة التمور يتم إنتاجها في العديد من دول العالم و قد بلغ الإنتاج العالمي لها حوالي 7 ملايين طن سنويا وهذا إن دل فإنما يدل على تحسن إنتاج هذه الفاكهة على كافة أنحاء العالم وقد ظهر إنتاجها في

العراق, مصر وليبيا والمغرب والجزائر وغيرها من بلدان العالم. الجدول الموالي يقدم الإحصا ئيات العالمية لإنتاج هاته الفاكهة للفترة (2007- 2010).



الشكل(I-3): رسم توضيحي لنخلة التمر(*phoenix Dactylifera*)

الجدول (I-1): الإنتاج العالمي للتمور خلال الفترة (2007–2010) [26]

Production de dattes en tonne (t)				
Années / Pays	2007	2008	2009	2010
Monde	7203043.00	7066768.00	7.214.008.00	7.626.447.60
Afrique	2591404.00	2655714.00	2791816.00	3012389.00
Algérie	526921.00	600696.00	600696.00	710000.00
Bénin	1150.00	1200.00	1330.00	1,200.00
Cameroun	422.00	444.00	447.00	450.00
Tchad	18,300.00	18,658.00	18,780.00	19,400.00
Djibouti	80.00	77.00	78.00	70.00
Egypte	1.313.700.00	1.326.130.00	1.270.480.00	1.352.950.00
Kenya	938.00	1,153.00	1,108.00	1,100.00
Libye	150,000.00	150,000.00	160,101.00	161,000.00
Mauritanie	20,000.00	19,200.00	20,000.00	19,900.00
Maroc	74,300.00	72,700.00	84,580.00	119,360.00
Niger	13,000.00	16,589.00	37,794.00	39,684.00
Somalie	11,888.00	11,870.00	11,866.00	10,600.00
Soudan	336,000.00	339,300.00	422,000.00	431,000.00
Tunisie	124,000.00	145,000.00	162,000.00	145,000.00
Asie	4580837.00	4375100.00	4382501.00	4567126.60
Bahreïn	13,293.00	13,180.00	12,887.00	14,000.00
Chine	130,000.00	135,000.00	140,000.00	147,600.00
Iran	1.307.880.00	1.023.130.00	1.023.130.00	1.023.130.00
Irak	430,861.00	476,318.00	507,002.00	566,829.00
Palestine occupée	17,377.00	18,078.00	23,231.00	21,600.60
Jordanie	6,532.00	7,437.00	9,681.00	11,241.00
Koweït	16,000.00	16,000.00	16,000.00	16,700.00
Palestine	3,030.00	3,997.00	4,266.00	4,500.00
Qatar	21,564.00	21,560.00	21,600.00	23,500.00
Arabie Saoudite	982,546.00	986,409.00	991,660.00	1.078.300.00
Syrie	3,450.00	3,485.00	1,803.00	2,000.00
Turquie	23,713.00	24,302.00	25,281.00	26,277.00
E.A.U	757,600.00	757,600.00	759,000.00	775,000.00
Yémen	53,596.00	55,204.00	56,760.00	57,849.00
Europe	13,000.00	13,481.00	14,500.00	16,121.00
Espagne	5,000.00	4,481.00	5,000.00	5,200.00
Amérique	17,802.00	22,473.00	25,191.00	30,811.00
Etats-Unis	14,787.00	18,960.00	21,500.00	26,308.00
Mexique	2,788.00	3,067.00	3,336.00	4,150.00
Pérou	207.00	426.00	335.00	337.00

I-7. مـــــخلفات النخيل:

لنخيل التمر فائدة كبيرة سواء من ناحية ما تنتجه من ثمار، أو ما ناحية ما تنتجه من مخلفات ثانوية (المواد الليجنوسيليلوزية)، وهي مواد أولية للكثير من الصناعات المحلية.

وتشمل مخلفات النخيل كافة النواتج وبقايا النخيل الغير أساسية عند القيام بالعمليات الزراعية وتتمثل المنتجات في الجذوع، السعف، الليف، الكرب، وكذا مخلفات التمور الناتجة من مصانع تصنيع التمور مثل النوى، الألياف، التمور الرديئة.

ولمخلفات النخيل أهمية اقتصادية كبيرة يمكن الانتفاع منها في العديد من الصناعات، إذ استغلت بالشكل الأمثل، باعتبار أن تطور الكثير من الصناعات قائم على عديمة الإنتاج والأنواع الغير مقبولة ومخلفات النخيل والتصنيع كصناعة الخشب المضغوط، الأدوات المنزلية والمستحضرات الطبية وغيرها من الصناعات التي من شأنها أن تساعد على:

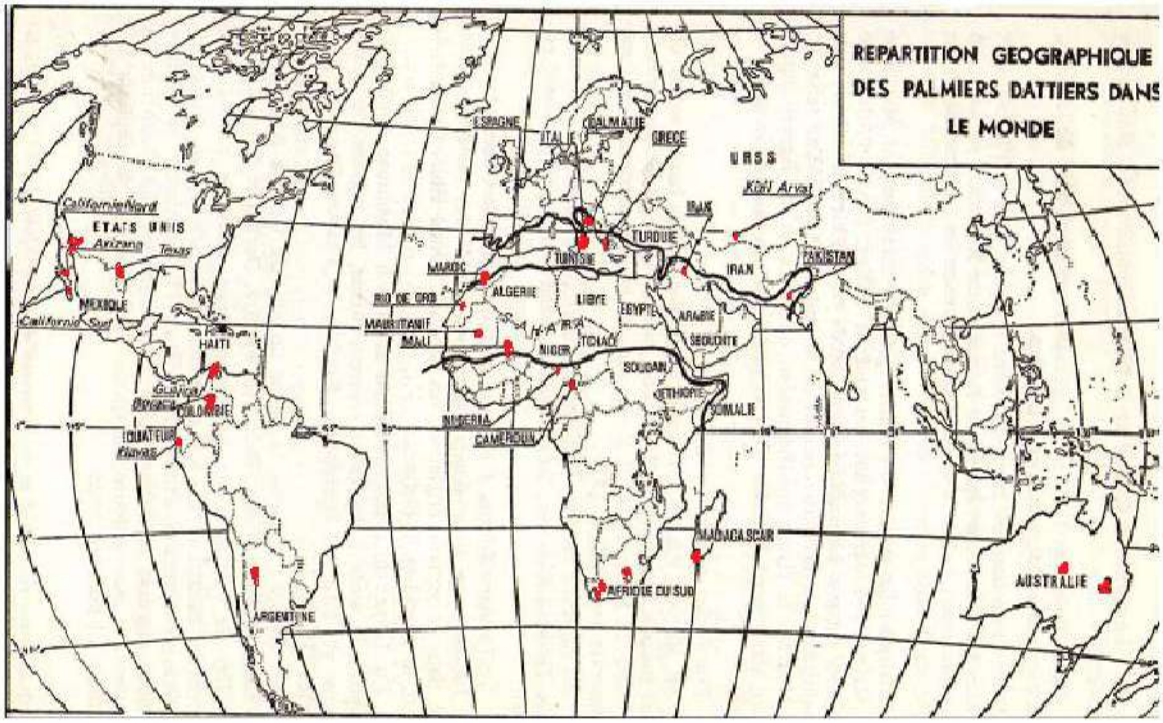
- تحفيز مزارعي النخيل وحثهم على الاهتمام بقطاع النخيل ومنتجاته.
- خلق فرص عمل للشباب في العديد من المجالات الصناعية.
- رفع المنتوج الزراعي والمنتجات الحيوانية من خلال إنتاج أعلاف حيوانية.
- خلق أسواق داخليا وخارجيا وتحقيق الاكتفاء الذاتي.

على الرغم من ذلك فإن هذه الأهمية لا زالت نظرية، ولم تتغير إلى واقع عملي يتطلب مشاريع استثمارية ذات أسس فعلية للاستفادة من مختلف مخلفات النخيل. إلا أن بعض الدول العربية نجحت في استغلال مخلفات التمور في صناعة الأخشاب والصناعة الغذائية وهذا ما سيظهره الواقع العلمي لمخلفات النخيل مستقبليا. [15].

I-8. التـــــوزيع الجغــرافـــي لنخيل:

I-8-1. التــوزيع فـــــي العالـــم:

تكثر زراعة نخيل التمور منذ القدم في المناطق الجافة والشبه الجافة، ثم حولت من طرف العرب إلى شرق إفريقيا قبل القرن 15 م، وفي القرن 17م إلى مدغشقر، تتبعها أستراليا في القرن 19م، ثم إلى الولايات المتحدة الأمريكية، لدى تشغل مساحة زراعية في حدود 783.030 هكتار بنسب توزيع مختلفة، حيث نجد 44.67 % بإفريقيا، 55.25 % في أسيا، ثم 0.06 % بأمريكا و0.02 % بأوروبا. وما يعادل 766.980 هكتار مساحة زراعة في البلدان العربية بنسبة إنتاج 97.95% و2.05% لبقية العالم، وخلال سنة 2008 قدرت نسبة الإنتاج ب 07 مليون طن في هذه البلدان الإسلامية إذ تمثل أكبر إنتاج في العالم، و بنسبة 67% من الإنتاج الكلي لدول شرق الأوسط وأسيا الوسطى فبذالك تحتل المرتبة الأولى في إنتاج التمور، تليها 36% لدول شمال إفريقيا. [16،17]

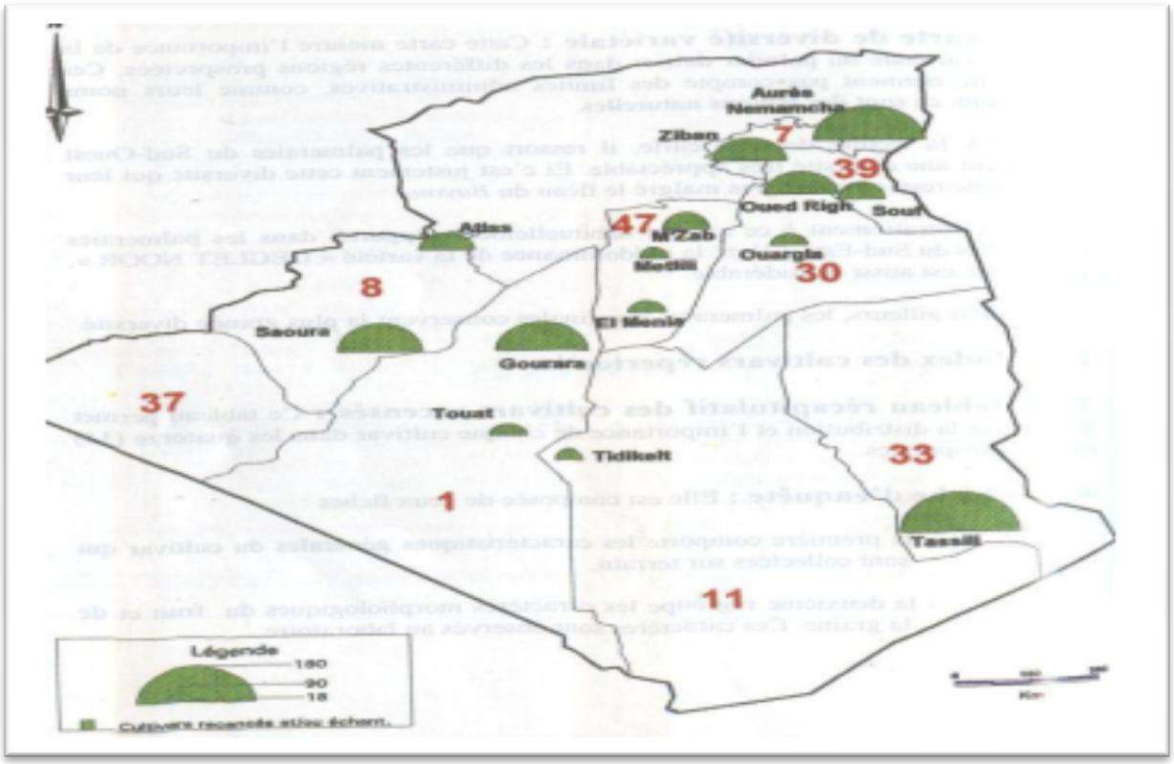


الشكل (I-4): التوزيع الجغــرافي لــزراعــة النــخيل في العالــم

I-8-2. التــوزيــع في الــجــزائـــــر:

تتميز الجزائر بزراعة الكثير من أنواع نخيل التمر في مختلف ارجائها, وهذا ما يجعلها تحتل المرتبة الأولى مغاربيا والسادسة عالميا في زراعة نخيل التمر، بامتداد 160000 هكتار وأكثر من 2 مليون بستان، وحوالي 500000 طن من الإنتاج المتوســط للتــمور.

تنتشر بساتين النخيل في الواحات الجنوبية وتمتد زراعتها من بداية الحدود المغربية إلى الحدود التونسية وكذا الحدود الغربية لليبيا، ومن شمال الأطلس الصحراوي إلى ما بعد رقان بالجنوب الغربي، تتوسطها تمنراست وجانت، ومن أنواع التمور نجد دقلة نور الأكثر انتشار بحوالي % 50 من النخيل المغروسة ومن بين الولايات الأكثر إنتاجا لتمور هي ورقلة، الوادي وبسكرة نظرا لمناخها الملائم لزراعة النخيل، وهي موزعة في مناطق الولايات الصحراوية من الجزائر على النحو التالي. [16،17] .



الشكل (I-5): خريطة توضح التوزيع الجغرافي لأصناف نخيل التمر في الجزائر

الفصل الثاني :

الوقود الحيوي

II-1.مقدمـــــة:

في الدول الصناعية تعد الكتلة الحيوية المتبقية كناتج ثانوي من العمليات التحويلية لكثير من الصناعات التي تعنى سواء بالأغذية الزراعية أو بالمنتجات الصناعية عموما من المواد الملفتة للانتباه الباحثين لكونها تشكل مخزونا كبيرا من المواد العضوية التي يسهل تخميرها ومصدر طاقة مهم جدا كما أن أمر الحصول على الطاقة خاصة من المصادر المتجددة أضحى من الأساسيات لمعظم دول العالم إضافة ناهيك عن تلك التي تتسم بسهولة الحصول عليها، لدى أصبحت أهم القرارات السياسية التي يمكن أن يتخذها أي بلد على المدى الطويل وكذا القصير لحفظ أمنه الطاقوي هي تلك التي تدمج في طياتها موضوع الطاقات المتجددة و خاصة الوقود الحيوي بأشكاله المتعددة لما لها من فوائد جمة على الاقتصاد والأمن الاستراتيجي.

على ضوء ذلك ازداد اهتمام الكثير من دول العالم بالطاقات المتجددة كونها تنتج من مصادر المتجددة باستمرار ولكونها مصادر بديلة للوقود الأحفوري بشكل فعال ومن ثمة تضفي حلول إبداعية لأكثر من مشكلة في الوقت نفسه كالحفاظ على الطلب الطاقوي والتقليل من النفايات الغازية والآثار الناجمة عنها، وقد ظهر الوقود الحيوي كبديل للنفط وصديق للبيئة بنوعيه–الديزل والإيثانول الحيوي– ليؤمن حاجيات العالم كونه يلعب دور كبير في التخفيف من ظاهرة الاحتباس الحراري والمساهمة في قطاع النقل ويتحقق ذلك من خلال تطوير أنواع نباتية تنتج وفرة من الكتلة الحية وتجود بشكل وافر من الطاقة في البيئات الأكثر تلاؤما مع المحاصيل الإستراتيجية ومن المتوقع أن يظل الوقود الحيوي يمارس تأثيرا ضاغطا على الأمن الغذائي، ويظل عنصرا مؤثرا في الأسواق الزراعية خلال الحقبة المقبلة.

II-2. الطاقات المتجددة عموما و الوقود الأخضر خصوصا:

تلعب الطاقات المتجددة دورا مهما في الحياة المعاصرة وترسم مسارات تنموية غير معهودة.

II-2-1. الطاقات المتجددة عامة:

هي شكل من أشكال الطاقة المنتجة من المصادر الطبيعية التي تتجدد باستمرار، والتي يمكن استغلالها من طرف الإنسان، وهناك العديد من أشكال الطاقة المتجددة ، بعضها تستغل بشكل مباشرو بعضها الأخر تستغل بشكل غير مباشر، كاستغلال الحرارة الناتجة من أعماق الأراضي ، أو تلك الصادرة عن الشمس ، والرياح والوقود الحيوي وغيرها من الموارد الطبيعية. بفضل السياسات العالمية وكثافة البحوث في هذا الصدد ازدادت كمية الطاقة المتجددة على المستوى العالمي منذ 1990 بمعدل % 1.7 سنويا من طاقة الرياح وبنسبة 19% سنويا من الطاقة الشمسية ، وقد تطورت مصادر الطاقات المتجددة في أنحاء العالم بهدف مكافحة ظاهرة الاحتباس الحراري والحد من انبعاث الغازات ، حيث تم إنتاج ما يقدر 13.8% من طاقة الموارد المتجددة في عام 2014 ذلك تبعا لوكالة الطاقة الدولية وفي العام الموالي ، تم وضع رقم قياسي جديد للاستثمار في قطاع الطاقة القابلة للتجديد مع انضمام الدول النامية ، كل هذا حدث في السنة التي انخفضت فيها أسعار الوقود الأحفوري ، وهذا ما سبب أزمة للكثير من الشركات العاملة في قطاع الهيدروكربونات.

ولا تزال حتى الآن ، عوامل الاستثمار في الطاقة المتجددة الأكثر مساهمة من حيث التكلفة في السماح لمواصلة الطاقة المتجددة في رفع حصتها من الكهرباء على حساب مصادر انبعاث الكربون ، بما فيها الخاصة بتغير المناخ وتحسين القدرة التنافسية ، وبسبب نقص أسعار الوقود الأحفوري وانخفاض أسعار تكنولوجيا الطاقة المتجددة ، تم الحفاظ على هذا الاتجاه عام 2016 بتخصيص مقدرات هامة للطاقة المتجددة في الدول النامية، خاصة في الصين التي تعد أكبر مطور للطاقة المتجددة في العالم، وعلى منوال

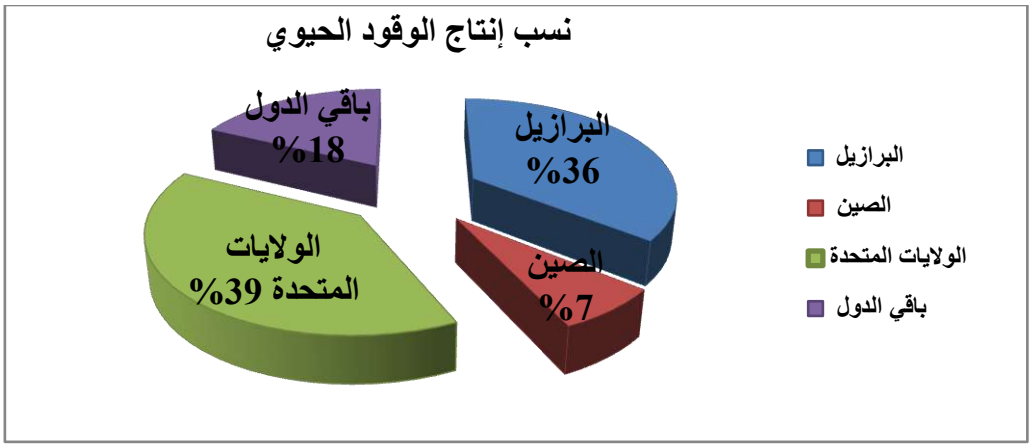
ذلك انتشرت في العديد من بلدان العالم تلك الدينامية الطاقوية المتجددة. ولقد ظلت تلك السياسات مهمة للغاية وعلى كافة المستويات لتنمية الطاقة المتجددة[18].

II-2-2. الوقود الأخضر:

هو الوقود المتحصل عليه من الكتلة الحيوية كالنباتات أو المحاصيل الزراعية ، كما يعرف أيضا على أنه أحد مصادر الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواء كانت النباتية أو الحيوانية التي يتم تحويلها إلى وقود سائل ونظيف، يعتمد إنتاجه أساسا على تحويل الكتلة الحيوية بصورها المختلفة كالحبوب و المحاصيل الزراعية والبذور والألياف السيليلوزية وغيرها إلى وقود قابل للاستعمال ، وهو يعد مصدر طاقة بديل للوقود الأحفوري لاستخداماته العديدة في جميع المجالات نظرا لسهولة نقلة وتخزينه ، إضافة إلى تكلفته القليلة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى ، وتوفر المواد الأولية المنتجة له في دول عديدة ، حيث أطلقت البرازيل عام 1979 برنامجا الإيثانول الحيوي وبرنامج صناعة الإيثانول الحيوي من الذرة في الولايات المتحدة وتبتعها بعض دول العالم في ذلك كالصين ومن جراء هذا أصبحت النباتات الخضراء مصدر مهم ومتجدد يقدر إنتاجه للطاقة بحوالي ($\mathbf{850.000.10^{14}}$) كيلو جول سنويا وهنا تظهر أهمية الوقود الأخضر الذي لعب دور كبير في:

- ✓ التقليل من الغازات المتسببة في ظاهرة الاحتباس الحراري.
- ✓ الرغبة في مصادر طاقة نظيفة بخفض نسبة استعمال الوقود الأحفوري الخطر على البيئة.
- ✓ زيادة دخل المزارعين والتشجيع على إنتاج الوقود الحيوي.
- ✓ بالإضافة إلى تأمين مصدر دائم ومتجدد على عكس الأحفوري الزائل.[19،20]

وقد برزت تلك الأهمية في النشاط المتنامي لتطوير واستغلال الوقود الحيوي عالميا ويمكن توضيح ذلك في البيان الموالي [21]:



الشكل (II-1): نسب إنتاج الوقود الحيوي في بعض دول العالم.

ويمكن تقسيم الوقود الأخضر إلى نوعين هما الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي.

II-2-2-1. الإيثانول الحيوي(Bioethanol) :

كيميائيا هو الكحول الايثيلي ذي الصيغة (CH_3CH_2OH) الذي ينتج بطريقة حيوية، وهو أحد الموارد المتجددة وبديل من بدائل الطاقة المستخدم في التقليل من الغازات والحد من ظاهرة الاحتباس الحراري ، يعتمد إنتاجه أساسا على المواد الأولية المنتجة زراعيا، كالمحاصيل الغنية بالمواد السكرية والتي يمكن تحويلها بسهولة الى إيثانول حيوي كالبنجر وقصب السكر والذرة والتمور وغيرها، أو المواد والمخلفات الجنوسيليلوزية بعد تفكيك البوليميرات المكونة لها سواء بالحلمهة الحامضية أو بالأنزيمات وتحويلها الى سكاكر بسيطة ثم بعد ذلك تجرى عليها سلسلة من العمليات الحيوية لتحويل السكريات إلى إيثانول حيوي. وقد اهتمت العديد من الدول بزراعة أصناف محددة من النباتات واستغلالها في إنتاج الإيثانول الحيوي كقصب السكر في البرازيل والذرة في الولايات المتحدة الأمريكية وهي من بين الدول التي وضعت خطة للحد من إنتاج الوقود الأحفوري عام 2007 والعمل على زيادة إنتاج الوقود الحيوي من مختلف المصادر النباتية[19].

الشكل (II-2) : بنية الإيثانول.

ويتسم الايثانول بعدة خصائص فيزيوكيميائية مهمة نجملها في الجدول الموالي:

الجدول (II-1) :خواص الإيثانول

الصيغة الجزيئية	**C_2H_5OH**
الكتلة المولية	46.07g/mol
المظهر	سائل شفاف
الانحلالية في الماء	قابل للمزج بشكل كبير
الكثافة	0.789 kg/l
درجة حرارة الغليان	78.5 °C(173°F)
درجة التجمد	−117 °C
درجة الوميض	12.8°C
درجة الإشتعال	425°C
حدود الانفجار	أقل من 3.5% (v/v) و أكبر% 19
الضغط البخاري عند 38°C	50mmHg
القدرة الحرارية فوق 20°C	29.800Kj/kg
القدرة الحرارية تحت 20°C	21.090Kj/kg
الحرارة النوعية	Kcal/Kg °C60
ثابت الحموضة (pKa)	15.9
اللزوجة	1.200 mPa.s(20°C)
قرينة الانكسار	1.36(25°C)
دليل الأوكتان	99

الجدول (II-2): مردود الإيثانول من بعض المصادر

Matière première	Rendement en bioéthanol (litres/tonnes)	Références
Cornstalks	225.74	AYHAN, 2005
Betterave à sucre	100	INRA, Teagasc Crops Research Centre, dans Enguidanos, 2002
Blé	350	
Paille	183	
Maïs	350	Novak, 2004
Canne à sucre	83	Ballerini, 2006
Sorgho sucrier	80	
Orge	320	
Topinambour	90	Schaller, 2003
Pomme de terre	120	
Herbe	150	
Mélasse	300	
Petit-lait	23	

II-2-2-2. الديزل الحيوي (Biodiesel)

ثاني أنواع الوقود الأخضر ومصدر من مصادر الطاقة المتجددة ، يتم إنتاجه عن طريق تحويل الزيوت النباتية والشحوم الحيوانية كزيت فول الصويا وزيت النخيل إلى ديزل حيوي [21]. يستخدم كوقود لمختلف وسائل النقل ، فهو وقود نظيف يختلف عن الديزل البترولي الذي يتسبب في انبعاث الكثير من المواد العالقة المسببة للسرطان أثناء احتراقه ، على خلاف الديزل الحيوي الذي يؤدي إلى انبعاث القليل من المواد العالقة فهو يمثل أقل ضررا على البيئة ، لدى اهتمت العديد من الدول بزراعة الكثير من النباتات في هذا المجال ، من بينها زيت النخيل بجنوب شرق أسيا وزيت فول الصويا بالولايات المتحدة الأمريكية.[19]

II-3. عملية انتاج الإيثانول الحيوي:

يتم انتاج الإيثانول الحيوي وفق عملية التخمر الكحولي وهي عملية التنفس اللاهوائي للخمائر أو

البكتيريا وفيها يحدث تحويل الكربوهيدرات المتمثلة في السكريات والنشويات الى الإيثانول الحيوي، وعليه تمثل السكريات الركيزة الأساسية الأكثر شيوعا لعملية التخمر الكحولي ، ومن بين أنواع الخميرة المسؤولة عن عملية التخمر الكحولي (Saccharomyces cerevisiae) و (Saccharomyces suvarum, Schizo Saccharomyces pombe) و(Kluyveromyces sp) أو البكتيريا مثل (Zymomona mobilis) ولكون النوع الأول من الخمائر يتسم بالعديد من المزايا لهذا فهو واسع التنفيذ الصناعي ومن ميزاتها سهولة تخميرها للسكريات كالجلوكوز وفقا للمعادلة التالية: [25،18]

المرحلة الأولى: تحدث في ظروف لا هوائية ويتم فيها تحول الغلوكوز إلى الإيثانول الحيوي بواسطة الكائنات الدقيقة كما في المعادلة التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 2CO_2 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2ATP \qquad (01)$$

المرحلة الثانية: يتم فيها أكسدة الإيثانول الحيوي الناتج إلى حمض الأسيتيك (acetic Acide) تحت ظروف شبه هوائية بواسطة بكتيريا (Acetobacter aceti) والمعروف باسم الخل (vinegar) ويتم ذلك في خطوتين:

1. الخطوة الأولى : تتم فيها أكسدة الإيثانول الحيوي إلى أسيتالدهيد (Acetaldehyde) وفقا للمعادلة التالية:

$$CH_3\text{-}CH_2OH + 1/_2O_2 \longrightarrow CH_3\text{-}CHO + H_2O \quad (02)$$

Ethanol +Oxygen **Acetaldehyde + water**

2. الخطوة الثانية: أكسدة أسيتالدهيد (Acetaldehyde) إلى حمض الأسيتيك:

$$CH_3\text{-}CHO + 1/_2O_2 \longrightarrow CH_3COOH \quad (03)$$

Acetaldehyde + Oxygen → **acetic acid**

II-4. تعريف خميرة الخبز(Saccharomyces cerevisiae):

هي عبارة عن كائنات دقيقة مجهرية تستخدم في إنتاج الخبز وكذا الخمر ، تمتاز بقابلتها العالية في تخمير السكريات وتحويلها إلى الإيثانول الحيوي وتسمى هذه الخميرة علميا (Saccharomyces) cerevisiae وهي واسعة الاستعمال، حيث نجدها تستعمل في الإنتاج العالمي للإيثانول الحيوي بنسبة (95%)، تستهلك أثناء نشاطها عناصر غذائية محددة كالسكريات وبعض الأملاح وعند حموضة معينة وهذا يساعدها على النمو أو التكاثر [22] .

II-4-1. البنية الخلوية للخميرة:

هي عبارة عن كائنات وحيدة الخلية تتميز بأنها حقيقية النواة تنتمي إلى مجموعة الفطريات ، ذوات الشكل البيضوي أو الكروي وهي المسؤولة عن عملية التخمير، تتميز مورفولوجيتها بوجود النواة، جهاز جولجي، ميتوكوندريا وكروموزوم، أما حجم خلاياها فيختلف حجمها من 25 إلى 30 ميكرومتر[23]

II-4-2. أنواع الخمائر والبكتيريا المستعملة في تخمر الكحول الإيثيلي:

تحدث عملية تخمر الكحول الإيثيلي للمواد المخمرة بتواجد الكائنات الدقيقة التي تعمل على تخمر السكريات والقيام بالتفاعلات البيولوجية وغالبا ما يتم تحفيز هذه الكائنات بواسطة محفزات بيولوجية تسمى الإنزيمات[23]:

II-4-2-1. البكتيريا:

يقوم هذا النوع من الميكروبات بإنتاج الكحول في ظروف معينة من درجة الحرارة وحموضة والضغط,

من بين البكتيريا المسؤولة عن هذا النوع من التخمر نجد (Zymomonas mobilis).

II-4-2-2. الخمائر:

تقوم الخمائر بتحويل السكريات إلى إيثانول الحيوي بصورة سريعة من بين هاته الخمائر نجد: (Saccharomyces cerevisiae)و (Saccharomyces suvarum) و(Kluyveromyces sp) و (Schizo Saccharomyces pombe) والنوع الأول هو الأكثر استعمالا في عملية الأكسدة. [24]

II-5. العوامل المؤثرة علي عملية التخمر الكحولي:

II-5-1. تأثير درجة الحرارة:

لدرجة الحرارة تأثير كبير على سرعة تكاثر ونمو الخمائر وهذا التأثير ليس تناسبي ولا طردي ففي درجات الحرارة المنخفضة يقل نشاط ونمو الخمائر وبالتالي يقل مردود تحويل السكريات الى الإيثانول الحيوي، ومع زيادة درجات الحرارة يزداد نمو الخمائر وتكاثرها بشكل جيد إلى أن يصل إلى الدرجة المثلى ثم يبدأ بعدها بالتناقص تدريجيا حيث تتراوح الدرجة المثلى للنمو بين (30−33°C)[26] .

II-5-2. تأثيرpH:

يعتبر رقم الحموضة عامل مهم لنمو خميرة (saccharomyce scerevisiae) كونها تنمو في البيئات الحمضية، لدى يجب مراقبة وضبط رقم الحموضة في محاليل التخمر داخل المفاعلات وجعله بين(5−4.5) [26] .

II-5-3. دور O_2:

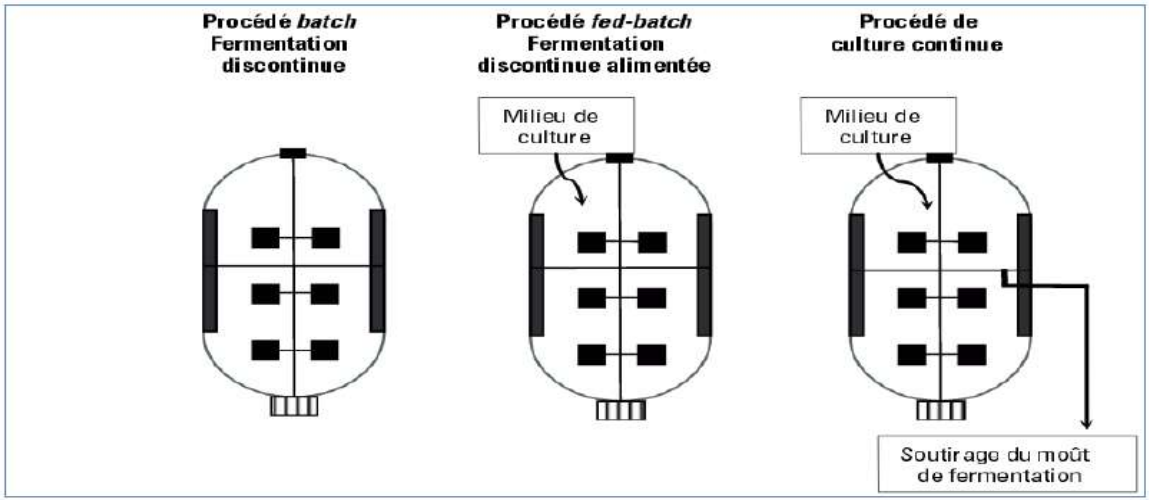
خميرة (saccharomyces cerevisiae) لها علاقة متناقضة الحدين مع الأوكسجين، فهي من جهة لا تحتاج الأوكسجين لنموها و تكاثرها لان نشاطها يقتضي بيئة لاهوائية، ومن جهة ثانية تحتاج القليل من الأوكسجين ليقيها من الإجهاد الكحولي، لدى فهو مهم لبقاء الخميرة مستمرة في استهلاك السكريات في وجود تركيز عالي من الإيثانول الحيوي.[23]

II-6. طرق إنتاج الإيثانول الحيوي بالتخمر:

يتم انتاج الايثانول الحيوي صناعيا عبر تخمير السكريات وفق ثلاث طرق، هي الطريقة الغير مستمرة (batch) والطريقة الشبه مستمرة (fed-batch) والطريقة المستمرة [27].

II-6-1. الطريقة الغير مستمرة (batch):

في هاته الطريقة كل المواد وعناصر التغذية المطلوبة في عملية التخمر والضرورية للتكاثر أو النمو البيولوجي توضع جملة واحدة عند بداية التفاعل في المفاعل، والتفاعل يحدث عند حجم ثابت، والعمليات أو الإجراءات المسموح بها للمعاين تتمثل فقط في ضبط كل من الحموضة ودرجة الحرارة وسرعة الخلط وكذا التهوية. تتسم هاته الطريقة بالسهولة وقلة المعدات والوسائل الضرورية وهذا ما يعطيها أفضلية لكنها تعاني من عيب كبير هو أن النسبة العالية من كمية المادة المراد تحويلها تثبط تكاثر أو نمو الأحياء الدقيقة (المكون البيولوجي) التي تستهلكها مما يقود إلى زمن معالجة كبير نسبيا، ومن عيوب هاته الطريقة أيضا هو الحد من الكمية المراد معالجتها بسبب حجم المفاعل.



الشكل (II-3):الطرق الصناعية لتخمر السكريات

II-6-2. الطريقة الشبه مستمرة (fed-batch):

في هاته الطريقة تكون الحاجة الى خزان أو مستودع للمواد المراد تخميرها متصل بالمفاعل، وتتميز هاته الطريقة عن سابقتها في كون المواد المراد تخميرها لا تضاف دفعة واحدة إنما بشكل متتابع بالقدر الذي تحتاجه الأحياء الدقيقة أو الخمائر والذي لا يقود الى تثبيطها وكنتيجة لذلك يكون تغير حجم وسط التفاعل كدالة لتقدم التفاعل، هاته الطريقة صممت خصيصا لتجاوز مشكل تثبيط الأحياء الدقيقة وكذا للعمل في ظروف مقاربة من العوامل المفضلة للتكاثر أو النمو المثالي أو الأعظمي.

II-6-3. الطريقة المستمرة:

تتميز بحجم لوسط التفاعل ثابت مع سحب بشكل مستمر لكمية منه مساوية للكمية الداخلة للمفاعل من المواد المراد تخميرها والعناصر الأساسية للتكاثر أو لنمو الأحياء الدقيقة والخمائر لهذا هاته الطريقة بحاجة الى معدات ووسائل لضبط الكمية الداخلة والخارجة من المفاعل، تتسم هاته الطريقة بالاستمرارية والدوام على النمط وبنسب ثابتة لمواد تغذية المفاعل، من ايجابياتها إنها قادرة على انتاج كميات كبيرة رغم محدودية حجم المفاعل.

II-7. الاستهلاك والإنتاج العالمي للإيثانول الحيوي:

في سنة 2007 ازدادت نسبة استهلاك الكحول الحيوي عالميا، و كانت اقل بقليل من الإنتاج العالمي الذي ناهز آنذاك 71 مليارلتر، كما أن نسبة زيادة الإنتاج العالمي تراوحت في معدلها بين السنوات (2007-2011) فبلغت في المتوسط 10.6 مليار لتر.

الجدول (II-3): الإنتاج العالمي من الإيثانول الحيوي ما بين (2007-2011)

(الوحدة مليون لتر)

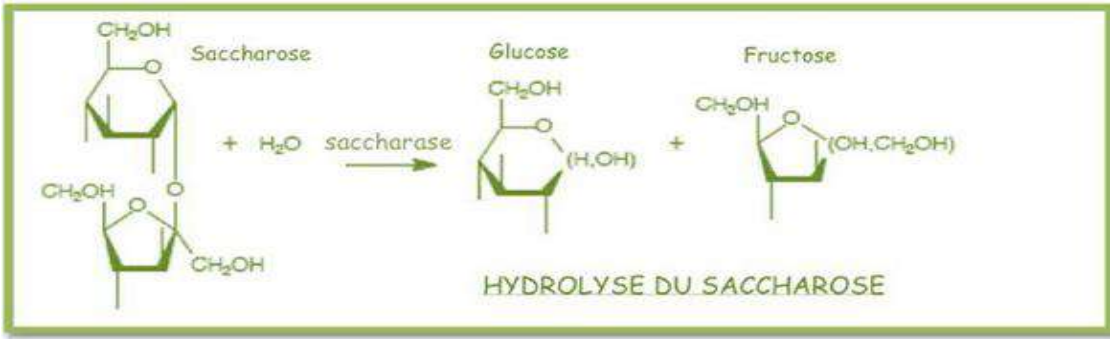
	2007	2008	2009	2010	2011
Canada	1107,57	1443,41	1429,20	1718,50	2281,94
UE27	5011,00	6698,00	7080,36	7779,98	9310,85
Etats-Unis	31620,65	39196,21	46523,22	48269,73	52810,92
Argentine	142,00	130,00	224,16	366,93	367,97
Brésil	18758,96	21312,84	21828,96	24625,59	25119,33
Monde	70980,04	83377,51	92932,01	99152,15	106628,93

II-8. استخلاص الإيثانول الحيوي:

يتم إنتاج الإيثانول الحيوي عن طريق تخمر السكريات والنشاء وبعض المحاصيل التي تختلف على حسب منطقة زراعتها مثل قصب السكر والذرة وبنج ر السكر[28] , و تعتبر هذه العملية الأكثر شيوعا مقارنة بالمعالجات الفيزيائية, الحرارية, الكيميائية أو الكيميائية الحيوية, و في هذه العملية نحصل على الكحول الايثيلي وفق المراحل التالية: [30]

II-8-1. مرحلة التحويل: يتم في هذه المرحلة فصل الكربوهيدرات عن السكريات ثم يتم طحنها[28]

II-8-2. مرحلة التسييل: يتم فيها إضافة الماء وإنزيم آلفا أميلاز (α-amylase), وذلك من أجل تحويل الخليط المطحون إلى سائل ويحدث ذلك عند درجة حرارة مرتفعة تتراوح بين (120°C− 150) ثم عملية التبريد المفاجئ الى درجة 95°C على الأقل وذلك من أجل قتل البكتيريا [28].



الشكل (II-4) :التحلل المائي للسكروز

II-8-3.عملية التخمر: تتم عملية التخمر الكحولي في وسط لاهوائي غني بالسكريات في مدة زمنية تدوم من 40 h إلى 70 مع ضبط درجة الحرارة عند الدرجة 30°C و 32°C, في هذه الحالة تكون السكريات الأكثر توفرا هي الجلوكوز والفركتوز, هذا يسمح بتحويل السكريات بواسطة الخميرة إلى كحول وثاني أكسيد الكربون مع إطلاق السعرات الحرارية [23].

II-8-4. مرحلة التقطير: الهدف من هذه العملية هو الحصول على الإيثانول الحيوي بتراكيز عالية, بالرغم من تواجد عدد كبير من المركبات الكيميائية في الخليط المخمر إلا أن التفاوت في درجات الغليان لتلك المواد يلعب دورا هاما في فصل الإيثانول الذي تبلغ درجة حرارة غليانه°78C عن باقي المركبات، وتتم عملية التقطير بواسطة جهاز التقطير وذلك عبرعدة مراحل حيث يتم الحصول على الإيثانول الحيوي بأعلى تركيز ممكن والتخلص من الماء الذي يرافق الكحول أثناء عملية التقطير إلى أن نحصل على إيثانول حيوي نقي بنسبة 95 % [29].

II-8-5. عملية التجفيف: يتم تجفيف الإيثانول الحيوي المقطر بواسطة منخل جزيئي و يسمى حينها "إيثانول لامائي"

II-9. الإيثانول الحيوي كوقود للمحركات:

يعد الوقود الحيوي أهم مصادر الطاقة المتجددة كونه مورد هام في عملية خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون (CO_2), حيث يفترض أن استخدام الإيثانول بنسبة 85% في تشغيل السيارات سيؤدي إلى خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري بمعدل 91 % مقارنة بالبترول. وأن وقود السيارات المستخلص من النباتات يمتص ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الجو أثناء عملية التصنيع وهذا ما دفع الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي أن يحظيا بمقدار هائل من الاهتمام ويحصلا على الإعانات والدعم [28].

الإيثانول الحيوي له طاقة أقل بنسبة40% تقريبًا على أساس الوزن بمقارنته مع البنزين كما يمتلك كثافة أعلى بنسبة 7%, وهذا العامل مهم حالة استخدام نظام الحقن الحجمي ولكونه يولد طاقة أقل من البنزين وهذا الفارق يتناسب مع زيادة كمية الإيثانول في مزيج الوقود ومع ذلك فإن دمج 10%من الإيثانول في البنزين يقلل فقط من قوة المحرك بنسبة 3% ويعزز الاحتراق بشكل أفضل مقارنة بنفس الحجم بالإضافة إلى ذلك يحتوي الإيثانول الحيوي عدد أوكتان مرتفع جدا, وهو ميزة ضمانة لحياة أطول لمحرك البنزين ويشير رقم الأوكتان المرتفع إلى مقاومة عالية للتفجير ناجم عن الإشتعال القبل وقته, مما يضمن أداء عالي للمحرك وعليه يلعب الإيثانول الحيوي دور مشتقات الرصاص الموجودة سابقا في البنزين[30].

الجدول (II-4): مقارنة خصائص الإيثانول الحيوي النقي (E100) مع البنزين الخالي من الرصاص.

خـــــــــــصائص	الايثانول (E100)	بنـــــــــــزين
الطاقة المتاحة (MJ/kg)	26.7	43.5
الكثافة (kg/m^3)	0.792	0.738
رقم الاوكتان	113	87 حتى 94 (وفقا للصف)

يمكن تشغيل معظم محركات البنزين على خليط من الإيثانول الحيوي إلى نسبة 10%(E10) ويكون هذا النوع من المزيج فقط في محطات وقود معينة. أما في باقي أنحاء العالم كما في كندا فإن محطات SONICتقوم بتسويق مزيج E5 وبعض محطات Petro-Canada التي تقوم بتسويق مزيج E10 في ساسكاتشوان. أصبح بيع الإيثانول الحيوي ممارسة شائعة بالفعل منذ 15 يناير 2007, حيث تشترط تشريعات المقاطعة على موزع الوقود مزج نسبة % 7.5 من الإيثانول الحيوي في البنزين الذي تبيعه, كما أنه هناك بعض المحركات المصممة خصيصا يتم تغذيتها بوقود يحتوي على 85% إيثانول حيوي و15% بنزين, حسب تشريعات الدول يمكن خلط الايثانول مع وقود السيارات الاعتيادي بنسبة تتعدى 85.5% فمثلا في البرازيل يستخدم الآن نسبة تتراوح ما بين 85-% 100 من الإيثانول الحيوي مع إجراء بعض التعديلات في محركات السيارات المستخدمة لهذا الوقود، علما أن الإيثانول الحيوي يحتوي على 47% من مركبات (Ethyl-Tertio-Buty-Ethel) أو ما يرمز له بـــــ ETBE التي تعمل على التقليل من انبعاث ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الجو بنسبة أكثر من % 50، كما بدأت شركات السيارات العمل على الوقود الحيوي كالشركات الأمريكية (فورد، GM، كرايسلر) وكذلك الشركات الألمانية (مرسيدس، فوكس واجن، اودي، BMW) واليابانية مثل شركة تويوتا وغيرها من الشركات الأسيوية والأوروبية.

الجدول (II-5): كمية الإيثانول الحيوي المنتجة لعام 2006 في بعض للدول

كمية الإيثانول المنتجة غالون/سنة	الدولة
4.8 بليون	الولايات المتحدة
4.4 بليون	البرازيل
1.0 بليون	الصين
0.5 بليون	الهند
0.25 بليون	فرنسا

ويقدر الإنتاج السنوي من الإيثانول الحيوي بحوالي 15- 20% في كل من أوروبا، آسيا وأمريكا وبناء مئات محطات توزيع الوقود الحيوي في مختلف بلدان العالم [31].

استخدم الإيثانول الحيوي كوقود حيوي في النقل وبالتحديد في البرازيل حيث انتشرت السيارات التي تعمل به على نطاق واسع، إلا أن الكمية الكبرى من الإيثانول الحيوي تستخدم في أوروبا مختلطة مع النفط بنسبة15%. تقوم المتاجر الكبرى التي توفر الوقود حاليا بتقديم فرص لتوزيع مزيج من الإيثانول الحيوي/ البترول بنسبة 5- 85%(E5-E85) على الرغم من أن معظم الخبراء يتفقون على أن نسبة 10% من المزيج لا تتسبب في أي ضرر للمركبات الحديثة، إلا أن ضمان الجهة المصنعة للسيارات العادية يحدد بنسبة 5 % وللحفاظ على الضمان يجب تعديل المحركات لدعم مزيج أعلى أو من الأفضل شراء مركبات وقود مرنة (FFV) [32]

II-9-1. الإيثانول الحيوي كوقود حيوي في أوروبا:

تعتبر السويد اليوم أقوى دولة أوروبية في سوق الإيثانول، وذلك بأكثر من 912 محطة E85 و15000 سيارة فورد فوكس فلكس تم بيعها منذ وصولها إلى السوق السويدية في عام 2001. ومنذ مايو 2006، تم بيع نسبة 15%من السيارات الجديدة التي تعمل إما عن طريق الإيثانول الحيوي أو الغاز الحيوي. يباع

E85 بأسعار أقل من النفط، حيث يتراوح سعره مابين 75 و 85 سنت للتر الواحد مقابل 1.19 للنفط (مايو 2007). ومن النقاط الهامة التي يجب أخذها في الاعتبار عند مقارنة سعر الإيثانول الحيوي هو أنه يحتوي على طاقة أقل لكل لتر بنسبة % 30 من النفط، مما يعني أنه من الضروري التزود بالوقود في الكثير من الأحيان هذا هو السبب في أن سعر البيع سيكون له تأثير كبير على اختيار الإيثانول الحيوي كوقود للنقل [32].

II-9-2. الإيثانول الحيوي كوقود في الولايات المتحدة الأمريكية:

وفقًا لسياسة الدولة والموارد الطبيعية، يتم استخدام E85 بدرجات متفاوتة في معظم الولايات ومحطات خدمة E85 تُستخدم عمومًا للأساطيل العامة أو الخاصة كما هو الحال في كاليفورنيا. من ناحية أخرى، هناك بنية تحتية عامة رائعة ل E85 حول حزام الذرة الأمريكي (أيوا، إلينوي، نبراسكا، مينيسوتا، إنديانا، و يسكونسن)[32]

II-10. الإيثانول الحيوي الحيوي لإنتاج الكهرباء:

تعتبر خلايا الوقود إمكانية أخرى لاستخدام الإيثانول الحيوي ولإنتاج الحرارة والطاقة تعمل خلايا الوقود عن طريق الجمع بين وقود الهيدروجين والأكسجين في الهواء لإنتاج الطاقة الكهربائية أو من خلال أكسدة الإيثانول الحيوي . تتميز خلايا الوقود بكفاءة كهربائية معتادة تتراوح مابين 30–60% وكفاءة عامة تتراوح مابين 70–90% باستخدام الحرارة المنتجة بشكل مشترك وتعمل هذه الوحدات بضوضاء منخفضة للغاية كما أن انبعاثات الملوثات الغازية محدودة بشكل كبير ومن عيوبها هي سعرها وحياتها القصيرة (يجب استبدال المكونات بانتظام) ومع ذلك فمن المسلم به أنها موثوقة للغاية خلال فترة حياتها وغالبا ما تستخدم كمصدر للطاقة في حالات الطوارئ ومن بينها نجد استخدامات أنظمة التوليد المشترك مع خلايا الوقود الموجودة في المستشفيات أو في حرم الجامعات ومحطات الاتصالات المعزولة لإنتاج

الحرارة والكهرباء، ولكن أيضا للنقل وكالمولد الكهربائي في بعض المنازل السكنية و يعتمد النمو الأخير للأنظمة المدمجة مع خلايا الوقود السكنية (0.5 KW إلى 10) على الوحدات التي تعمل بالغاز الطبيعي [32].

II-11. أفاق الإيثانول الحيوي المستقبلية :

ظهرت أبحاث الوقود الحيوي أن هناك العديد من النباتات يمكن زراعتها والاستفادة منها في إنتاج الوقود الحيوي والتي لا تحتاج للكثير من الماء والمساحات الزراعية من اجل إنتاجها ومن بينها الأعشاب البرية التي تنمو في القارة الأمريكية "سويتش" وتستخدم كعلف للحيوانات بالإضافة إلى نبات الصفصاف والقشب، ومن بين هذه الأفاق:

- اتشاح عرش الطاقة المستقبلي باللون الأخضر لا باللون الأسود.
- وضع قيمة كبيرة للأراضي الزراعية من جديد وإحداث نهضة زراعية عالمية.

يساهم الوقود الحيوي في استصلاح الكثير من الصحاري والأراضي القاحلة نظرا لتزايد الطلب على المحاصيل الزراعية وفي دفع عجلة الإنتاج الزراعي في أنحاء العالم ويؤدي انتشار استخدام الوقود الحيوي إلى خلق فرص عمل جديدة وزيادة في إنتاجية المزارعين والفلاحين إذ أن محاصيل الوقود الحيوي تزيد من ربحيتهم بمقدار أربعة أو خمسة أضعاف الربحية الحالية كذلك دعم وتنشيط الصناعات المرتبطة بالزراعة ومن بينها صناعة الأسمدة والمبيدات الحشرية وآليات النقل وتخزين الغلال وغيرها من المجالات وعلى ما جاء في تقرير حديث لمنظمة الفاو أن الوقود الحيوي يمكنه أن يساهم في تدعيم مخططات التنمية المستدامة للدول النامية وخفض نسبة الفقر والجوع ووفرة مصادر الطاقة خاصة الطاقة الكهربائية لما يقارب 2 مليار نسمة على مستوى العالم وهذا سيكون له تأثير ايجابي على هذه المجالات : [33]

- تراجع في أسعار الطاقة
- بيئة أفضل
- انخفاض في ثاني أكسيد الكربون
- توزيع عادل لموارد الطاقة
- أعمال زراعية مربحة للمحاصيل المنتجة للطاقة
- قلة تكلفة الإنتاج

الجدول (II-6): يمثل نوع الوقود ونسبة انخفاض غازات الاحتباس الحراري.

نوع الوقود	نسبة التخفيض %
قصب السكر	90 -70%
الجيل الثاني من الوقود الحيوي	90 -70%
زيت النخيل	85-50%
بنجر السكر	60-40%
بذور اللفت الزيتي	60 -40%
الذرة	35 -25%

الفصل الثالث :

طريقة العمل ، المواد و الوسائل المستعملة

III-1.مـــقدمـــــة:

نظرا للأهمية المتنامية للإيثانول الحيوي في الحياة المعاصرة، ولكون منطقتنا تزخر بإنتاج كميات وافرة من التمور وبأنواع عدة، ارتاينا أن نقوم بدراسة انتاج الايثانول الحيوي من نوعين من التمر هما (الغرس ودقلة نور) فكان مبدأ العمل مستند على عملية التخمر باستعمال (Saccharomyces cerevisiae) وكان صلب هاته الدراسة هو معرفة تأثير كل من: درجة الحرارة وزمن التخمر وكذا كمية الخميرة المستعملة على الكمية الايثانول الحيوي المنتجةومن ثمة تحديد الشروط المثلى لإنتاجه.

III-2.خطوات العمل:

كانت خطوات العمل على المنوال التالي :

1. **تحضير العينة:** الصنفين محل الدراسة هما تمر الغرس ودقلة نور تم غسلهما جيدا لإزالة الشوائب ثم إزالة النوى وتقطيعهم الى قطع صغيرة.

الشكل (III-1) : صنفي التمر المستعمل (غرس ودقلة)

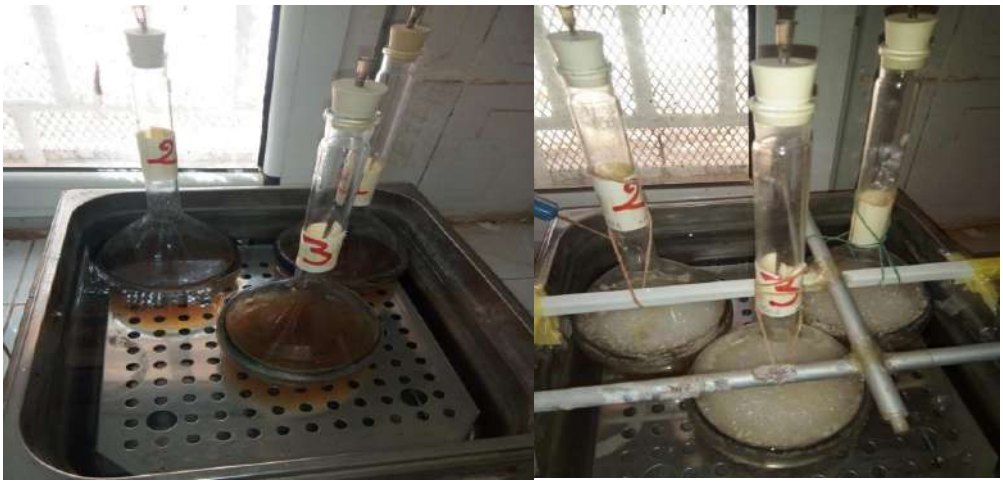
2. **عملية التحلل:** تم تحلل أو تفكك صنفي التمر المستعمل في وسط حامضي (4.3-4.5) وعند الدرجة (70-80 °C) لمدة ساعتين وهذا لإذابة سكرياتهما، بتركيز (1كغ / 2 لتر).

الشكل (III-2): عملية تحلل التمر المستعمل

3. **الترشيح:** لفصل العصير عن باقي العوالق الصلبة ثم ضبط قيمة الحموضة (pH = 4.5)بإضافة الكمية اللازمة من حمضالكبريت وقطرات من المحلول المنظم (الموقي).

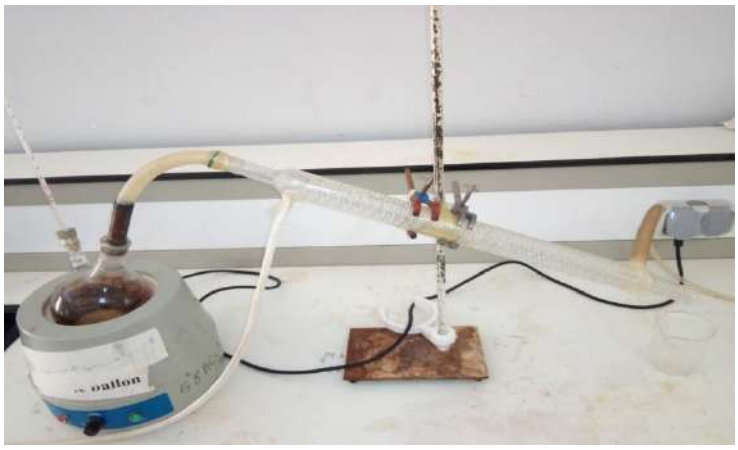
الشكل (III-3): عملية الترشيح

4. **التخمر:** سكب حجم قدره (500 ml) من عصير التمر المراد دراسته في حوجلة (1ل) وإضافة الكمية اللازمة من الخميرة (1.5 g –1.0– 0.5) ثم غلق الحوجلة ووضعها في درجة الحرارة المطلوبة (28 –32-36 °C) للفترة الزمنية المرغوبة (48 – 72 – 96 h).



الشكل (III-4): عملية التخمر (في البداية و في خضم العملية)

5. **التقطير:** عند بلوغ الزمن اللازم للتخمر نأخذ من حوجلة التخمر حجم قدره (30 ml) ونضيف له (70ml) من الماء المقطر ثم نقوم بتقطير المحلول المخفف (100 ml).

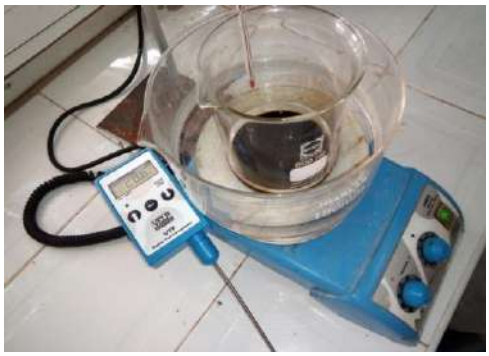


الشكل (III-5): عملية التقطير

6. **الأكسدة ببرمنغنات البوتاسيوم:** الهدف من هاته العملية هو إجراء معايرة غير مباشرة لمعرفة كمية الايثانول الحيوي المنتجة من تفاعل التخمر، حيث نؤكسد الايثانول بالبرمنغنات ونعاير فائض البرمنغنات بمحلول ملح موهر وبهذا نحسب كمية الايثانول المؤكسدة ومن ثمة معرفة كمية الايثانول المنتجة في وسط التخمر.

7. **عملية أكسدة الكحول:** تكون بأخذ الحجوم التالية :(20 ml) ماء مقطرو(20 ml) من حمض الكبريت المركز و(30 ml) من محلول برمنغنات البوتاسيوم المحضر و(10 ml) من الايثانول المقطر ووضعها معا في حوجلة على حمام مائي عند الدرجة (40°C) لمدة عشرين دقيقة، إذا اختفى لون البرمنغنات نضيف مماثل منه عند نفس الدرجة و نفس المدة.

$$4MnO_4^- + 5CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + 12H^+ \longrightarrow 4Mn^{+2} + CH_3COOH + 11H_2O \quad (04)$$



الشكل (III-6): عملية أكسدة الايثانول

8. **عملية معايرة فائض البرمنغنات:** تتم معايرة البرمنغنات بمحلول ملح موهر وفق التفاعلات التالية:

- معادلة الأكسدة: $5(Fe^{+2} \longrightarrow Fe^{+3} + e^-) \quad (05)$
- معادلة الإرجاع: $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O \quad (06)$
- المعادلة الإجمالية:

$$5Fe^{+2} + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow 5Fe^{+3} + Mn^{+2} + 4H_2O \quad (07)$$

الشكل (III-7): عملية معايرة البرمنغنات بمحلول ملح موهر

ومنه حجم برمنغنات البوتاسيوم الفائض من عملية الأكسدةهو :

$$V_p = \frac{5 C_M V_M}{C_P} \qquad (08)$$

التمـــور

معالجتها (غسل و إزالة النوى)

تحلل التمـر (وسط حامضي) - (80°C -70°C)

الترشيح

محلول سكري (pH = 4.3 - 4.5)

Saccharomyce cerevisiae (1g- 0.5g) -1.5g

التخمر الكحولي

36°C - 32 - 28

عملية الـــتقطير

أكسدة بالبرمنغنات

معايرة فائض برمنغنات

تحديد عدد مولات الايثانول الحيوي المنتجة لكل 1 كغ من التمر

الشكل (III-8): خطوات انتاج الايثانول الحيوي بالتخمر و معايرته

III-3.المحاليل و المواد المستعملة :

تطلب منا هذا العمل تحضير المحاليل التالية:

- **محلول ملح موهر:** ذي الصيغة ($H_8FeN_2O_8S_2.6H_2O$)أو ما يطلق عليه بالانكليزية (Ammonium Iron (II) Sulfate hexahydrate) ذي التركيز (0.1 M).
- **محلول برمنغنات البوتاسيوم:** ذي الصيغة ($KMno_4$) أو ما يطلق عليه بالإنكليزية (Potassium Permanganate)ذي التركيز (0.25 M).
- **المواد الاخرى :** خميرة الخبز – حمض الكبريت – هيدروكسيد الصوديوم – المحلول المنظم – الماء المقطر – التمر.

III-4.الوسائل و الأدوات المستعملة :

استخدمنا الوسائل التالية: حمام مائي – مخلاط مغناطيسي – ميزان تحليلي – جهاز قياس الحموضة – جهاز التقطير – محرار – و الزجاجيات.

III-5.حساب عدد مولات الايثانول الحيوي المنتجة في وسط التخمر:

نحسب أولا عدد مولات البرمنغنات المستهلكة في الأكسدة (هي الفارق بين عدد مولات البرمنغنات الكلية وعدد مولات البرمنغات المعايرة بمحلول ملح موهر) و سنرمز لها بالرمز ($\mathbf{n_{KMnO4}}$).

$$\mathbf{n_{KMnO4} = C_{KMnO4}\,(V_T - V_p)} \quad \mathbf{(09)}$$

منه عدد مولات الايثانول في مزيج الأكسدة($\mathbf{n_{eth}}$) أي في (10 ml) هو :

$$\mathbf{n_{eth} = (5/4) * n_{KMnO4}} \quad \mathbf{(10)}$$

و بالتالي عدد مولات الايثانول في مزيج التقطير(N_{eth}) أي في (30 ml) هو :

$$N_{eth} = n_{eth} * (\text{distilled volume of ethanol (ml)}/10) \quad (11)$$

وعدد مولات الايثانول في مزيج التخمر($N_{ethanol}$) أي في (30 ml) هو :

$$N_{ethanol} = N_{eth} * (500/30) \quad (12)$$

كتلة الايثانول الناتجة في وسط تفاعل التخمر ($m_{ethanol}$) هي :

$$m_{ethanol}\,(g) = N_{ethanol} * \text{molar mass of ethanol} \quad (13)$$

و منه مردود تحويل التمر الى إيثانول حيوي كنسبة مئوية هي :

$$R(\%) = [m_{ethanol}\,(g)/250]*100 \quad (14)$$

الفصل الرابع :

النتائج ومناقشتها

IV-1.مقدمة :

تمت معالجة الإيثانول المتحصل عليه بعد عملية التخمر و التقطير بعملية الأكسدة الإرجاعية ثم معايرة الفائض من المؤكسد وبذلك تم تحديد عدد مولات الكحول الناتجة من التخمر في المزيج و عليها حسبنا مردود تحويل التمر بنوعيه الى إيثانول حيوي فكانت النتائج كالتالي:

IV-2.النتائج المتحصل عليهامن تمرالغرس:

جدول (IV-1): عدد مولات الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من عصير تمر الغرس

درجة الحرارة T(°C)	كمية الخميرة Q(g)	عدد مولات الإيثانول الحيوي المنتجة لكل 1لمن عصير تمر الغرس (mol/l)		
		48h	72h	96 h
28°C	0.5	3.08	3.79	1.55
	1	3.22	4.11	1.63
	1.5	3.28	4.13	1.62
32°C	0.5	4.83	5.99	2.15
	1	5.43	6.08	2.12
	1.5	5.55	6.02	1.69
36°C	0.5	2.96	3.61	1.05
	1	3.10	3.96	0.98
	1.5	3.11	3.98	0.89

IV-3.النتائج المتحصل عليها لتمر دقلة نور:

جدول (IV-2): عدد مولات الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من تمر دقلة نور بدون نوى

درجة الحرارة T(°C)	كمية الخميرة Q(g)	عدد مولات الإيثانول الحيوي المنتجة لكل 1ل من عصير تمر دقلة نور (mol/l)		
		48h	72h	96 h
28 °C	0.5	2.74	3.37	1.15
	1	2.87	3.61	1.23
	1.5	2.91	3.68	1.21
32°C	0.5	4.30	5.33	1.85
	1	4.83	5.41	1.82
	1.5	4.94	5.36	1.44
36°C	0.5	2.63	3.21	0.67
	1	2.76	3.52	0.65
	1.5	2.87	3.63	0.56

جدول (3-IV):كتلة الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من عصير تمر الغرس

درجة الحرارة T(°C)	كمية الخميرة Q(g)	كتلة الإيثانول الحيوي (g)الناتجة من تمر الغرس		
		48h	72h	96 h
28 °C	0.5	141.68	174.34	71.3
	1	148.12	189.06	74.98
	1.5	150.88	189.98	74.52
32°C	0.5	222.18	275.54	98.9
	1	249.78	279.68	97.52
	1.5	255.3	276.92	77.74
36°C	0.5	136.16	166.06	48.3
	1	142.6	182.16	45.08
	1.5	143.11	183.08	40.94

جدول (4-IV): كتلة الإيثانول الحيوي المنتجة لكل(1ل) من عصير تمر دقلة نور

درجة الحرارة T(°C)	كمية الخميرة Q (g)	كتلة الإيثانول الحيوي (g) الناتجة من تمر دقلة نور		
		48h	72h	96 h
28 °C	0.5	126.04	155.02	52.9
	1	132.02	166.06	56.58
	1.5	133.86	169.28	55.66
32°C	0.5	197.8	245.18	85.1
	1	222.18	248.86	83.72
	1.5	227.24	246.56	66.24
36°C	0.5	120.98	147.66	30.82
	1	126.96	161.92	29.9
	1.5	132.02	166.98	25.76

جدول (IV-5): مردود تحويل تمر الغرس إلى إيثانول كنسبة مئوية

مردود تحويل تمر الغرس الى إيثانول R(%)			كمية الخميرة Q (g)	درجة الحرارة T(°C)
96h	72h	48h		
14.260	34.868	28.336	0.5	28 °C
14.996	37.812	29.624	1	
14.904	37.996	30.176	1.5	
19.780	55.108	44.436	0.5	32°C
19.504	55.936	49.956	1	
15.548	55.384	51.060	1.5	
9.660	33.320	27.232	0.5	36°C
9.016	36.432	28.520	1	
8.188	36.616	28.622	1.5	

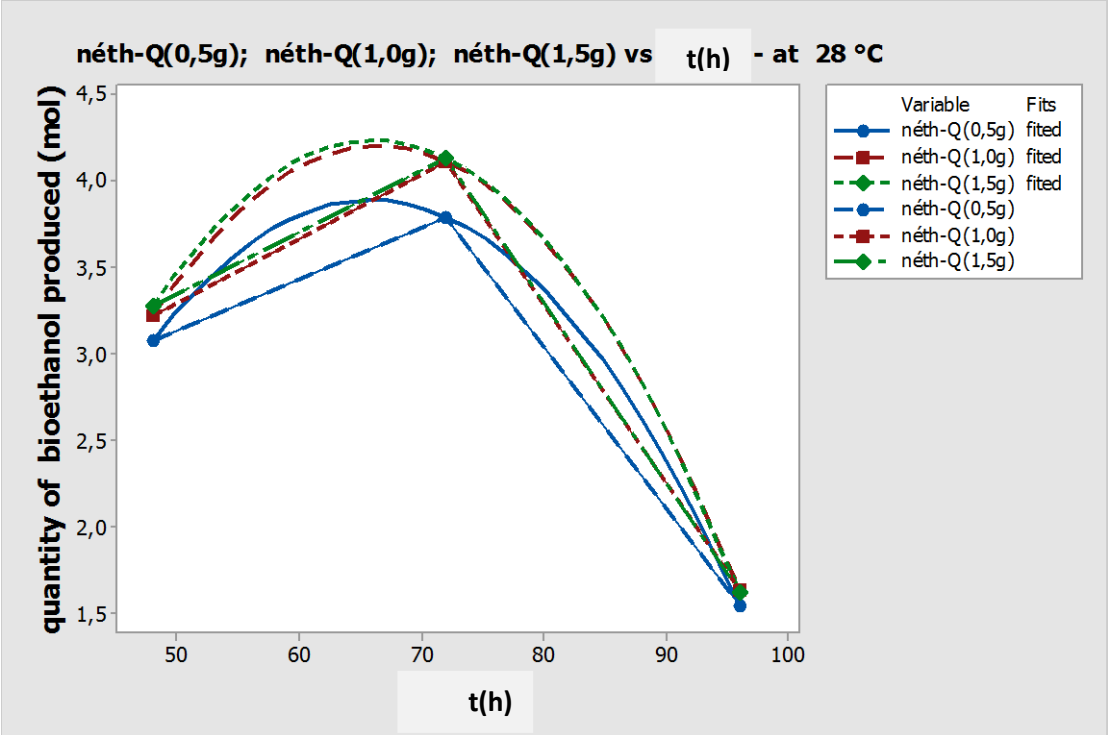
جدول (IV-6): مردود تحويل تمر دقلة نور إلى إيثانول كنسبة مئوية

مردود تحويل تمر دقلة نور الى إيثانول R(%)			كمية الخميرة Q (g)	درجة الحرارة T(°C)
96h	72h	48h		
10.58	31.004	25.208	0.5	28°C
11.316	33.212	26.404	1	
11.132	33.856	26.772	1.5	
17.02	49.036	39.56	0.5	32°C
16.744	49.772	44.436	1	
13.248	49.312	45.448	1.5	
6.164	29.532	24.196	0.5	36°C
5.98	32.384	25.392	1	
5.152	33.396	26.404	1.5	

IV-4.المنحنيات :

1. الغرس:

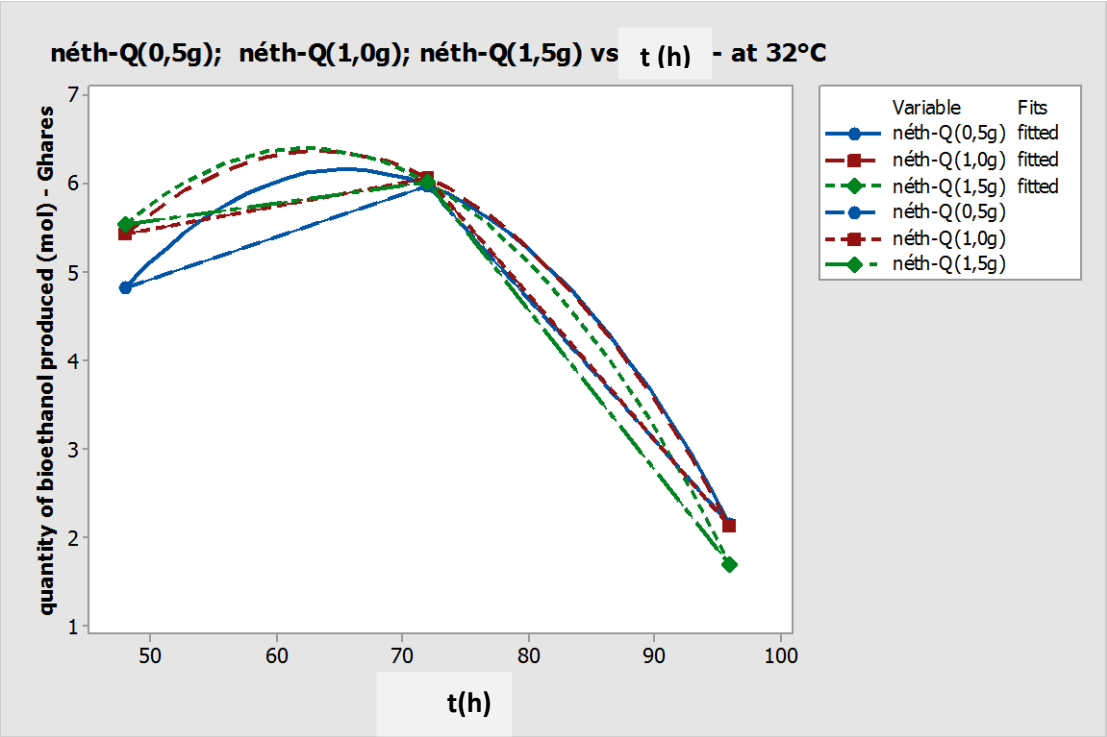
- **عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (28°C):**



الشكل (IV-1): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (28°C)

التفسير: الزمن الذي يعطي كمية أعظمية من الايثانول الحيوي يوافق تقريبا 65 ساعة (استنادا الى منحنيات الاستقطاب الرباعي –Quadratic extrapolation)، وعند هاته الدرجة (28°C) مفعول كمية الخميرة متقارب من أجل الكميتين (1.0 g) و (1.5 g)

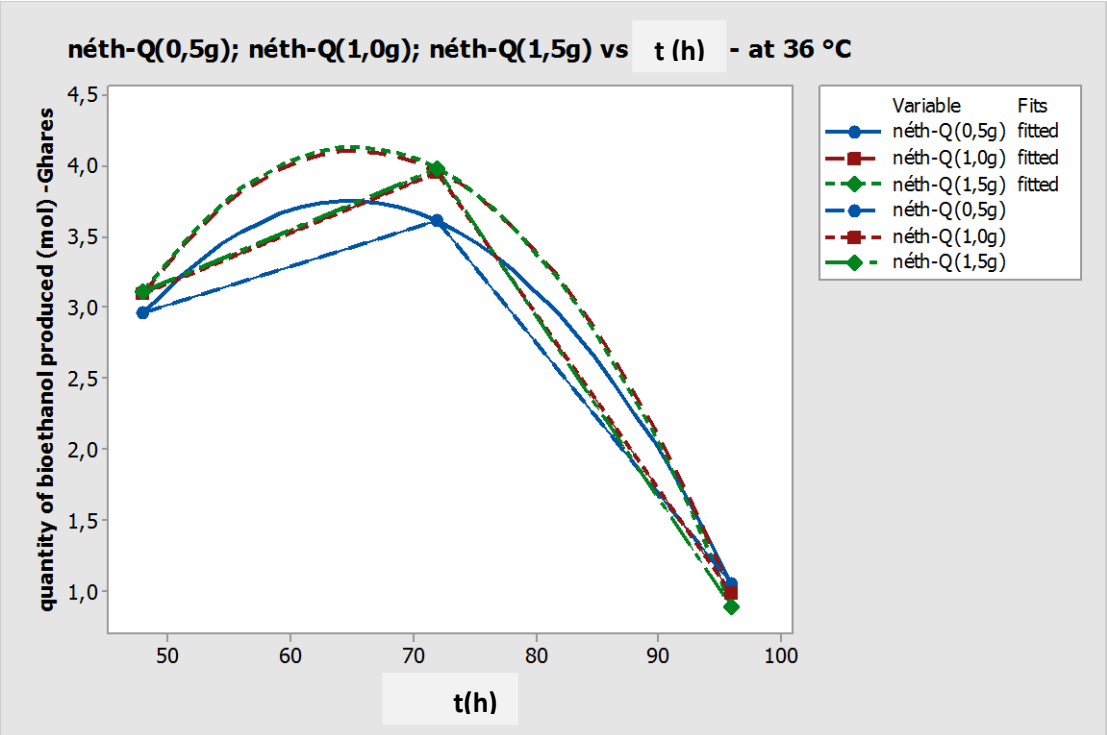
- **عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (32°C):**



الشكل (IV-2): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (32°C)

التفسير : الزمن الذي يعطي كمية أعظمية من الايثانول الحيوي يوافق تقريبا 65 ساعة، و عند هاته الدرجة (32°C) مفعول كمية الخميرة متقارب من أجل الكميتين (1.0 g) و (1.5 g) و زيادة على ذلك أنه عند هاته الدرجة من الحرارة كان نشاط الخميرة عالي مقارنة بنشاطها عند الدرجة (28°C) في الزمن الابتدائي (يومين).

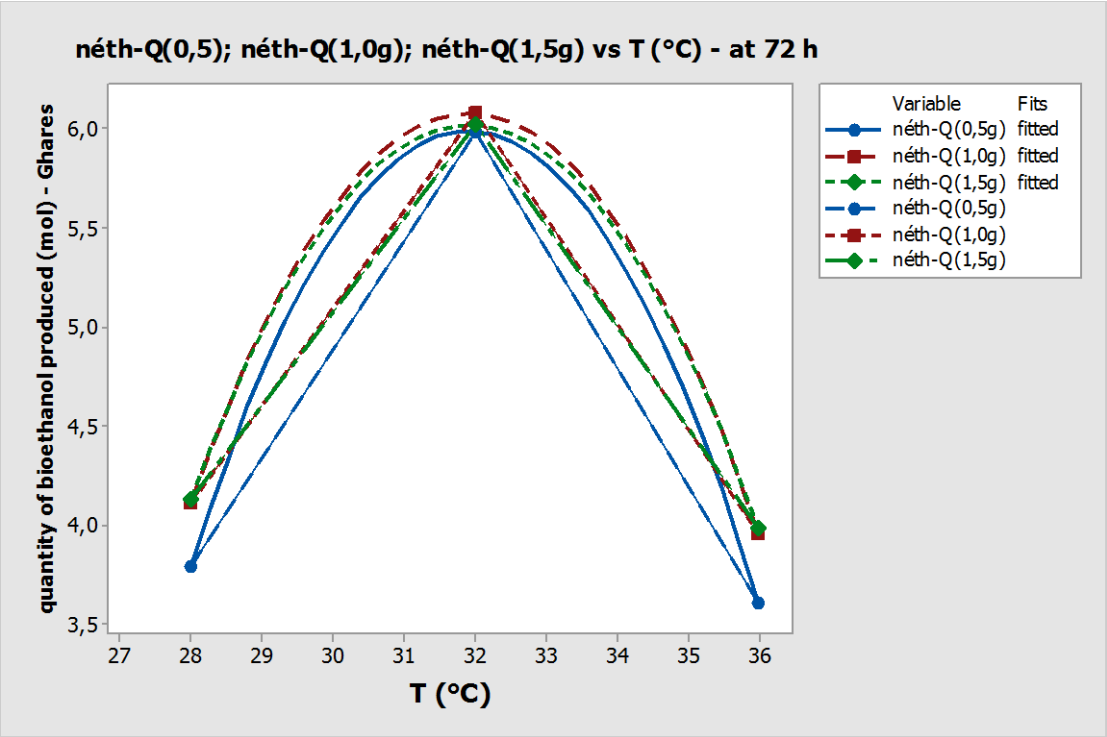
- **عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (36°C):**



الشكل (IV-3): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة الزمن عند (36°C)

التفسير: الزمن الذي يعطي كمية أعظمية من الايثانول الحيوي يوافق تقريبا 65 ساعة، وعند هاته الدرجة (36°C) مفعول كمية الخميرة متقارب من أجل الكميتين (1.0 g) و (1.5 g) وزيادة على ذلك انه عند هاته الدرجة من الحرارة كان نشاط الخميرة متقارب عند الزمن الابتدائي (يومين) و تباين بعد 72 ساعة.

- **عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة درجة الحرارة عند (72h):**

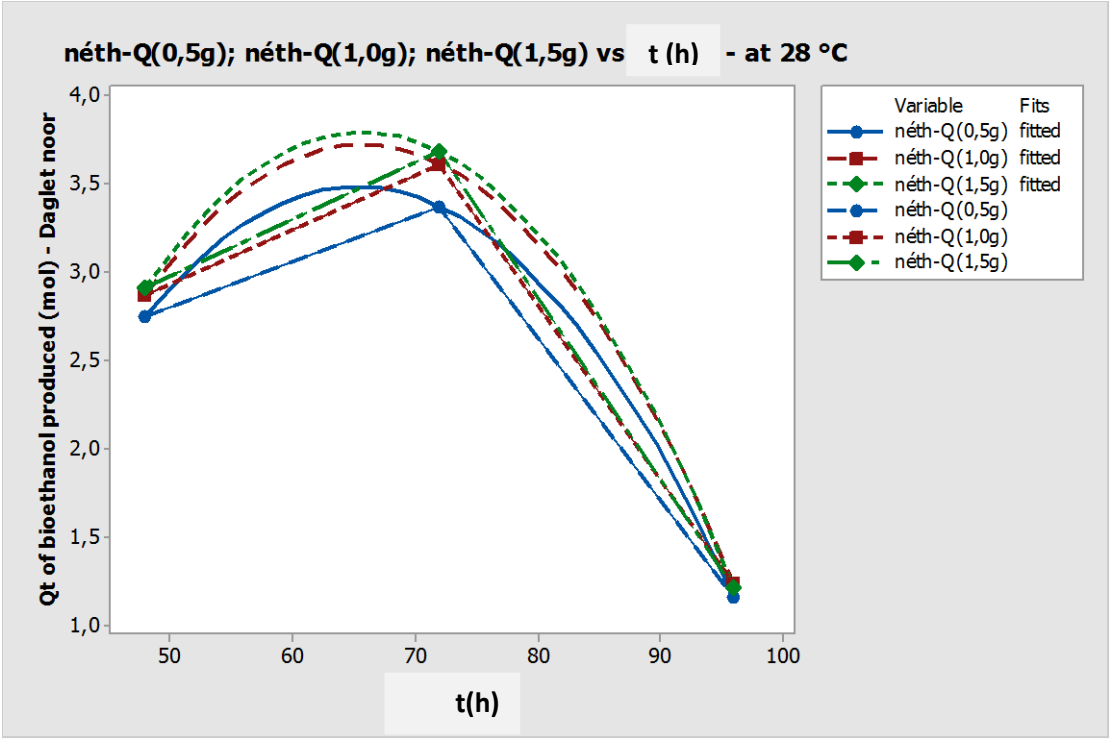


الشكل (IV-4): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الغرس بدلالة درجة الحرارة عند (72h)

التفسير: بعد تعيين الزمن الموافق للإنتاج الأعظمي من الايثانول الحيوي وفق عملية تخمر عصير تمر الغرس، تمت معاينة تأثير درجة الحرارة و كمية الخميرة على الكمية المنتجة من الايثانول الحيوي، فكان عند الدرجة (32°C) تأثير كمية الخميرة عالي مقارنة بتأثيره عند درجات الحرارة الأخرى، كما تم استنتاج ما يلي : تأثير درجة الحرارة على الكمية المنتجة من الايثانول الحيوي أكبر بكثير من تأثير كمية الخميرة .

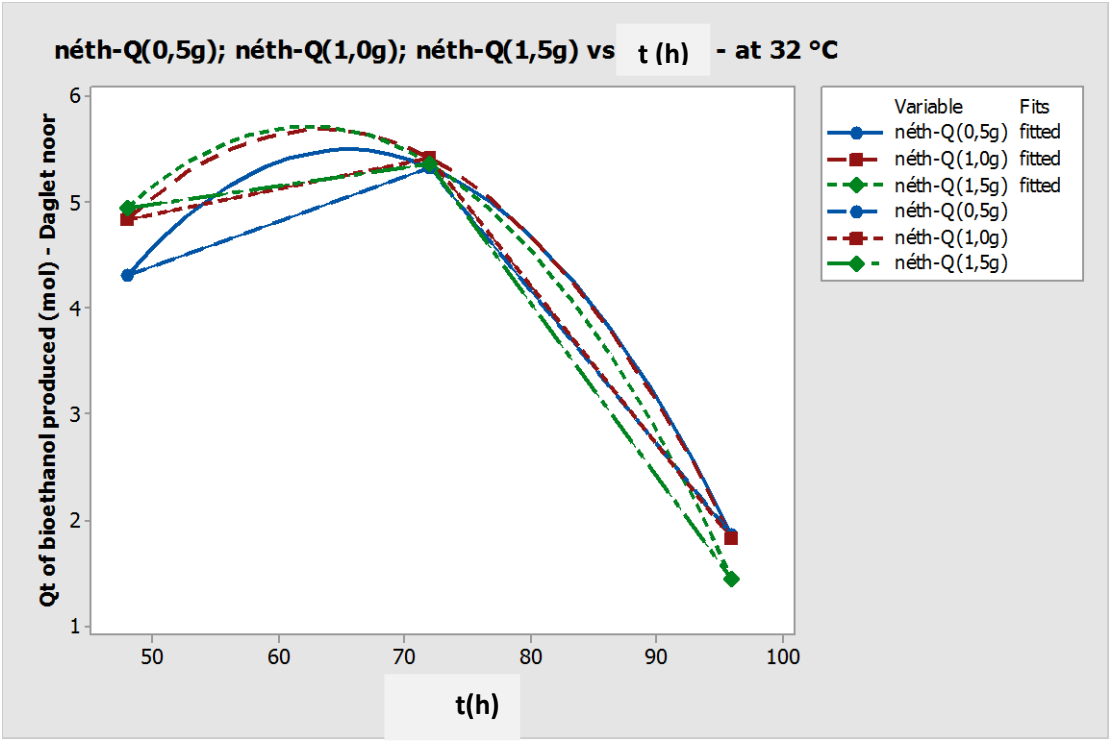
2.دقلة نور :

- **عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر دقلة نور بدلالة الزمن عند (28°C):**



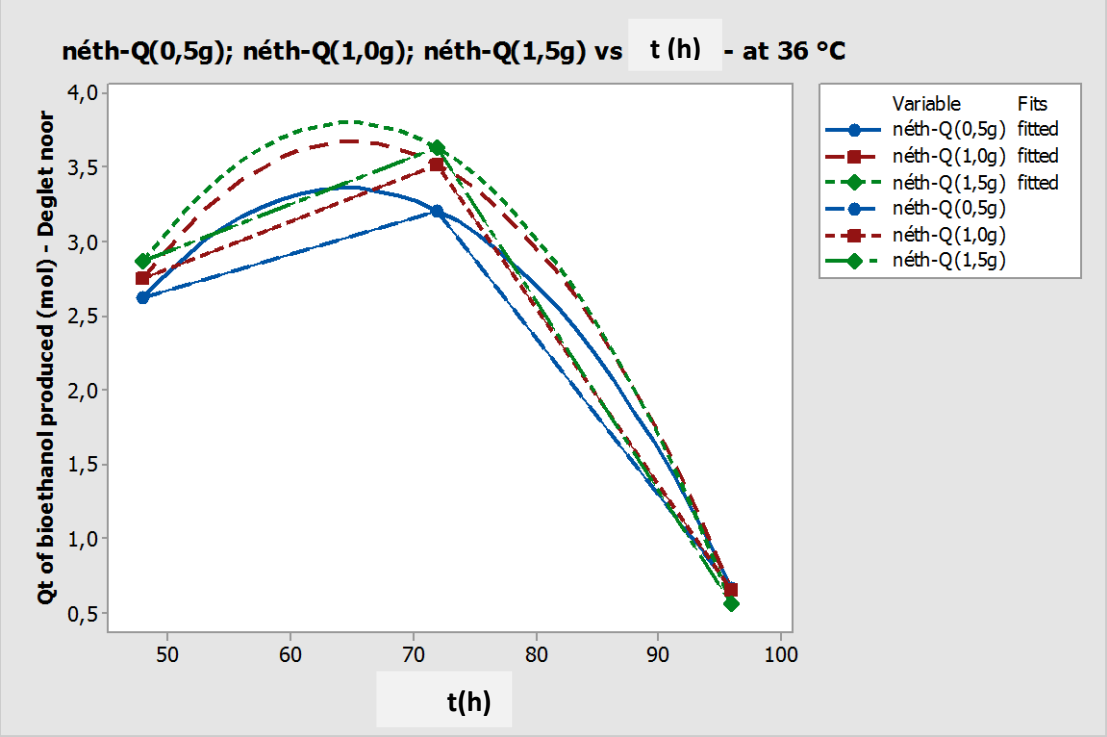
الشكل (5-IV): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر دقلة نوربدلالة الزمن عند (28°C)

التفسير: مشابه تقريبا لما حصل مع الغرس عند نفس الدرجة مع اختلاف في الكميات فقط.



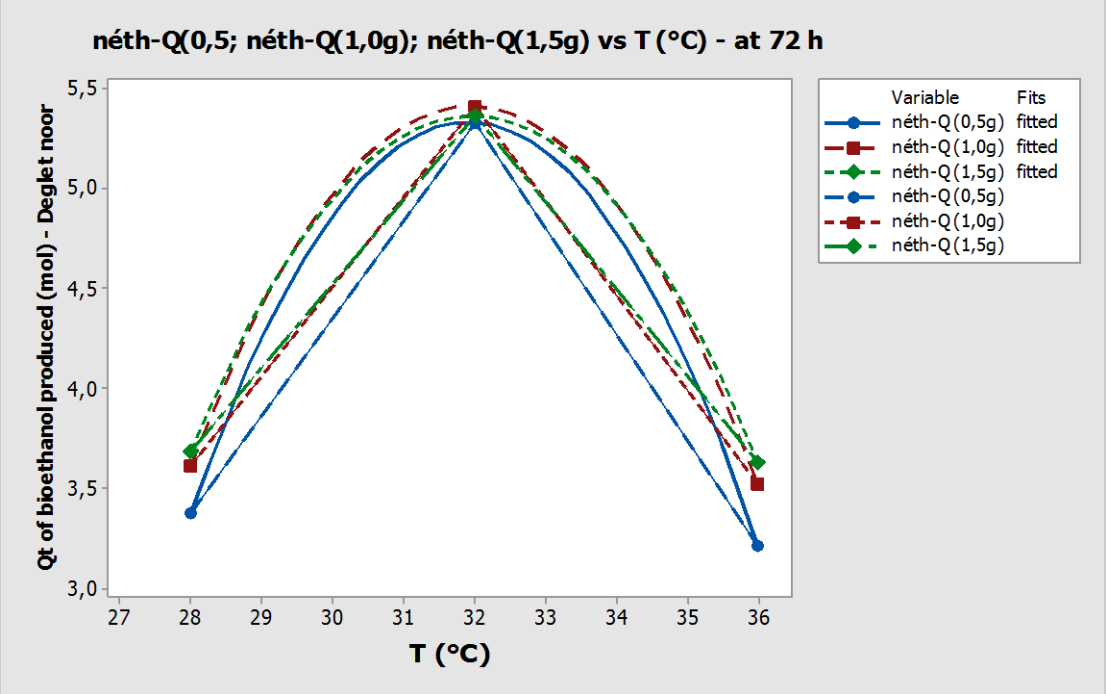
الشكل (6-IV): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر دقلة نور بدلالة الزمن عند (32°C)

التفسير: بالإضافة للملاحظات السابقة نلاحظ أيضا أن زيادة كمية الخميرة في الزمن الابتدائي(48 h) له أثر إيجابي لكن مع مرور الوقت يتحول الى اثر سلبي كما هو الحال عند (72 h).



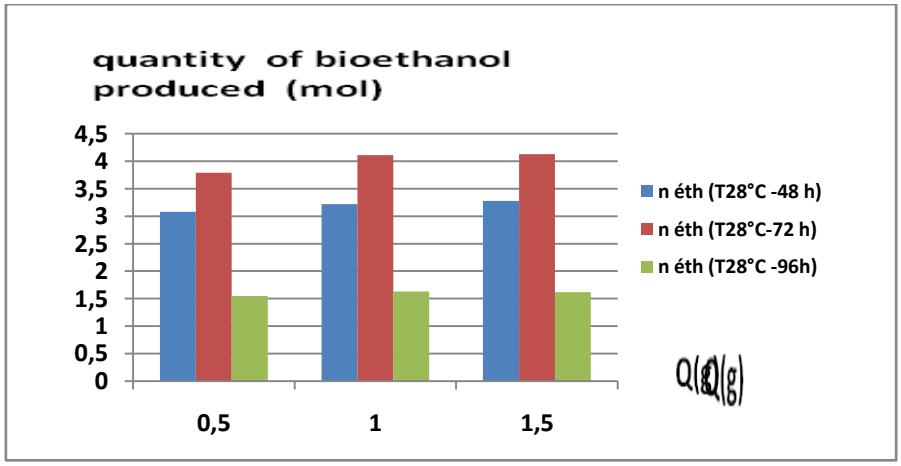
الشكل (IV-7): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر دقلة نور بدلالة الزمن عند (36°C)

التفسير: مقارنة بالنتائج المحصل عليها من عصير تمر الغرس و عند نفس هاته الدرجة نلاحظ أنه يوجد تباين في كمية الايثانول الحيوي المنتج في المجال الزمني (48–72 ساعة) من أجل كميتي الخميرة (1.0 و 1.5 غرام).

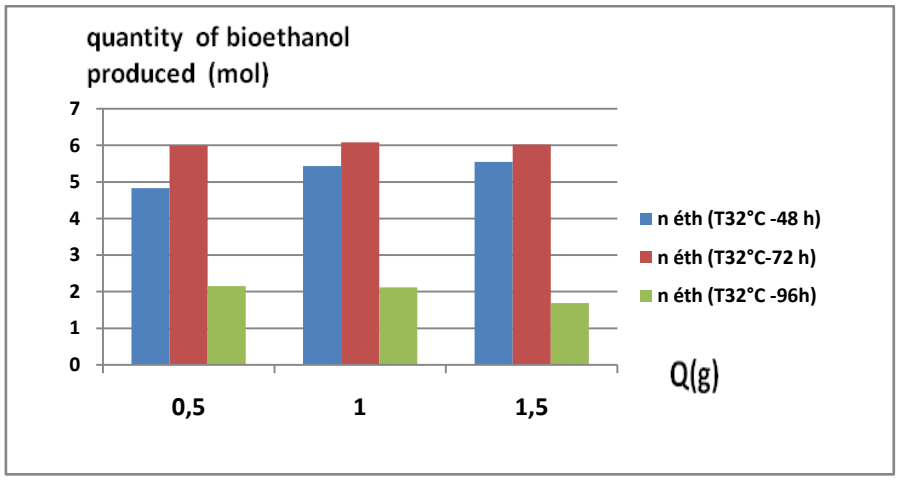


الشكل (IV-8): عدد مولات الايثانول الحيوي المنتج من تمر الدقلة بدلالة درجة الحرارة عند (72h)

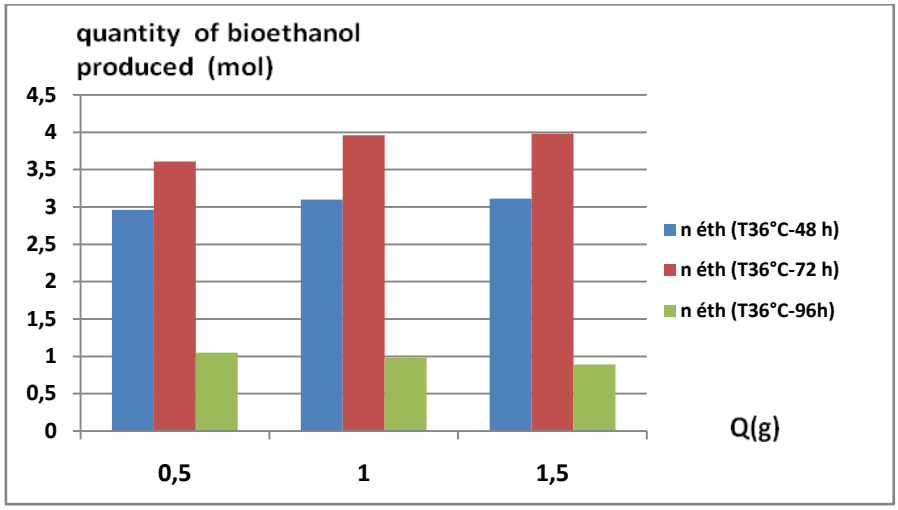
التفسير: من هذا البيان و سابقيه يتضح جليا أن كمية الخميرة المناسبة لعملية تخمر عصير التمر بنوعيه هي واحد غرام لمحلول حجمه (500 مليلتر) و بتركيز كتلي (نصف كيلوغرام تمر لكل لتر).



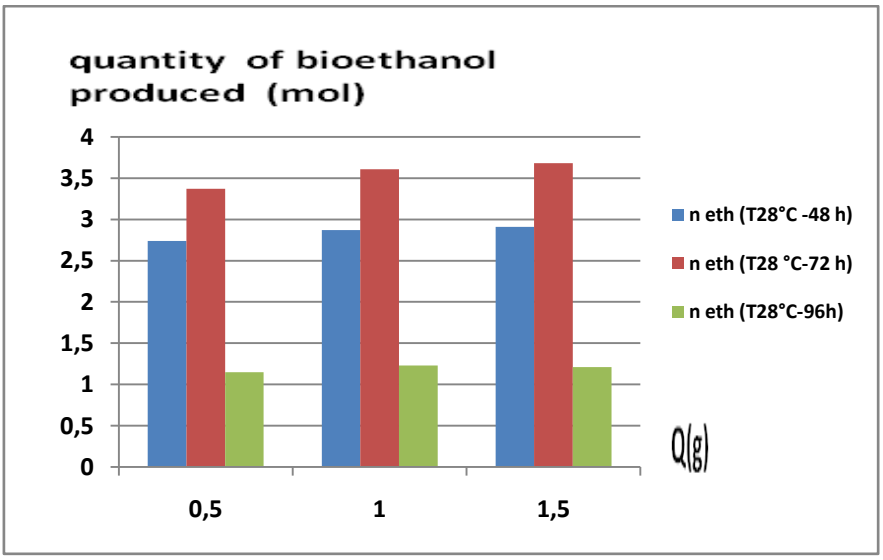
الشكل (IV-9):كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر الغرس عند (28°C)



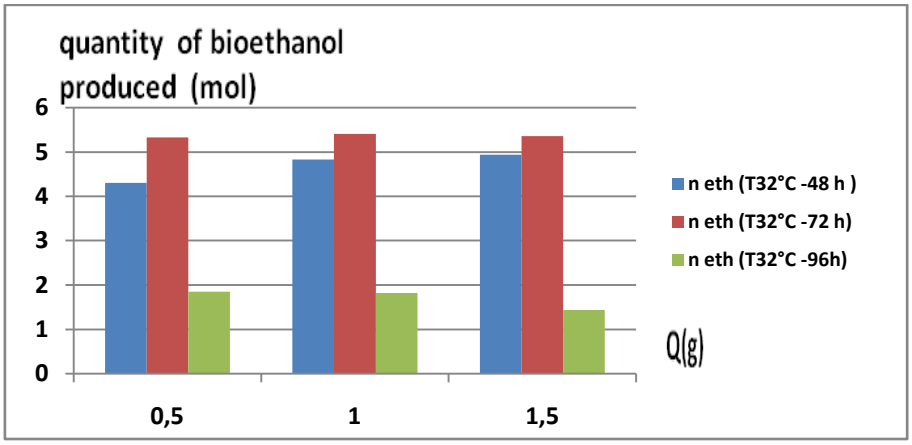
الشكل (10-IV): كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر الغرس عند (32°C)



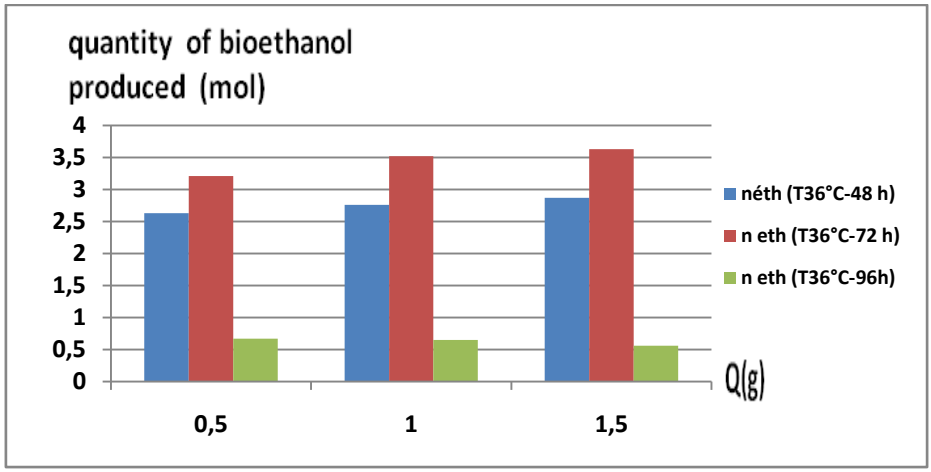
الشكل (11-IV): كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر الغرس عند (36°C)



الشكل (12-IV): كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر دقلة نور عند (28°C)

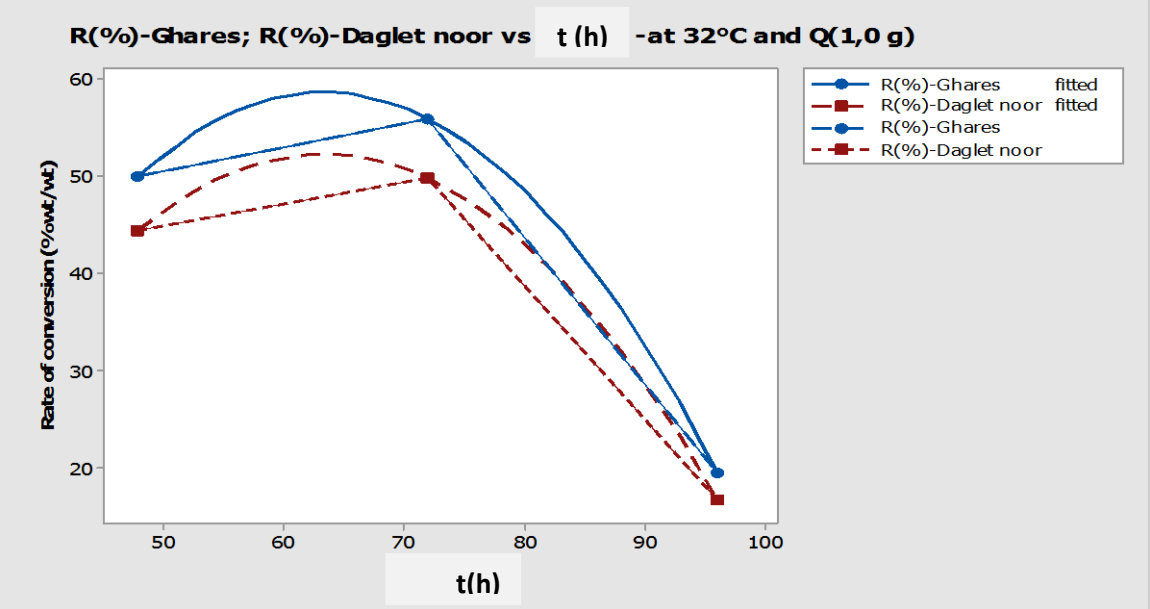


الشكل (13-IV): كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر دقلة نور عند (32°C)



الشكل (14-IV): كمية الإيثانول الحيوي المنتجة من تمر دقلة نور عند (36°C)

IV-5.مردود تحويل التمر الى إيثانول حيوي:



الشكل (IV-15): نسبة تحويل التمر بنوعيه إلى إيثانول الحيوي بدلالة الزمن عند (32 °C)-(1 g)

IV-6.نمذجة عدد مولات الايثانول المنتجة من التمر الغرس:

بعد معاينة تأثير كل من درجة الحرارة و كمية الخميرة و كذا زمن التخمر على عدد مولات الايثانول الحيوي المنتجة من تمر الغرس، ارتأينا أن نحدد النموذج الرياضي الذي يربط تلك المقادير فيما بينها بصيغة معلومة، لهذا استخدمنا طريقة هندسة التجارب (***DOE***) بالاستعانة ببرنامج (Minitab) وفق منوال (Box- Bohenken)فكان ما يلي :

$$N_{ethanol} = 6,083 + 0,121\ Q\ (g) - 0,137\ T\ °C - 1,281\ t(h) - 0,442\ Q\ (g)*Q\ (g) - 1,764\ T\ °C*T\ °C - 2,087\ t\ (h)*t\ (h) + 0,008\ Q\ (g)*T\ °C - 0,295\ Q\ (g)*t\ (h) - 0,133\ T\ °C*t\ (h)$$

مع كون القيم الإحصائية التالية:

R-sq	R-sq(adj)	Error Sum of Squares
97,41%	92,75%	0,458408

IV-7. شرح مجمل :

- الزمن الذي يعطي كمية أعظمية من الايثانول الحيوي يوافق تقريبا 65 ساعة (استنادا الى منحنيات الاستقطاب الرباعي –Quadratic extrapolation)، وعند هاته الدرجة (28°C) مفعول كمية الخميرة متقارب من اجل الكميتين (1.0 g) و (1.5 g). بالنسبة لصنفي التمر.
- عند الدرجة (32°C) مفعول كمية الخميرة متقارب من أجل الكميتين (1.0 g) و (1.5 g) و زيادة على ذلك أنه عند هاته الدرجة من الحرارة كان نشاط الخميرة عالي مقارنة بنشاطها عند الدرجة (28°C) في الزمن الابتدائي (48h).
- عند الدرجة (36°C) مفعول كمية الخميرة متقارب من أجل الكميتين (1.0 g) و (1.5 g) كما أن نشاط الخميرة متقارب عند الزمن الابتدائي (يومين) و تباين بعد 72 ساعة.
- تأثير درجة الحرارة على الكمية المنتجة من الايثانول الحيوي أكبر بكثير من تأثير كمية الخميرة.
- نسبة تحويل تمر الغرس الى إيثانول حيوي أعلى من مثيلاتها المتعلقة بدقلة نور.
- الشروط المثلى هي الدرجة (32°C) و كمية الخميرة (1.0 g) و الزمن (60-65h).

Reference

[01] http://www.iraker.dk/maqalat25/nakhil/1.htm

[02] http://www.liberation.fr/economie/2012/10/14/dans-cinq-ans-les-nanosortent-du-bois853149

[03] PICKERING, K.L, et al. Optimising industrial hemp fibre for composites. Compos Part A: App Sci and Manufacturing, 2007,Vol 38(2),p 461-468.

[04] I.VAN de Weyenberg, et al. Improving the properties of UD flax fibre reinforced comp composites by applying an alkaline fibre treatment. Compos Part A: App Sci andManufacturing,2006,Vol 37(9),p1368-1376.

[05] POPENOE, P.B. The date palm. Field Research Projects, Coconut, Miami, Florida Ed. Henry Field, 1973.247 p. :

[06] DOWSON, V.H.W. Date production and protection with special reference to north africa and the near east. FAO technical bulletin, 1982,n° 35, p 294.

[07] DANTHINE, H. Lepalmierdattier et les arbressacrésdansl'iconographie de l'Asie occidentale ancienne.Paris,1937,227 p.

[08] DOWSON, V.H.W. Dates and date cultivation of iraq. Part III. The varieties of date palms in the Shalt al-Arab. Ag. Directorate of Mesopotamia, Memoir III, Heffer, Cambridge, 1923.

[09] LINNÉ,T.H. Date varieties and date culture in tunis. Washington, U.S.D.A; Bureau of plant industry, bulletin,1906,n° 92.

[13] ABSI, Rima. Analyse de la diversitévariétale du palmierdattier (Phoenix Dactylifera L.): cas des ziban (Région de sidiokba).Magistère,Université de Biskra,2012.

[14] A,Chehma,HF. Longo. Valorisation des sous-produits du palmierdattier en vue deleurutilisation en alimentation du bétail.Rev. Energ. Ren: Production et Valorisation- Biomasse, 2001, 59-64p.

[18] BOUNOUA, Fouad.Production de bioéthanol à partir des déchets del'industrie de transformation depomme de terre. Master,chimieet environnement.UnivesitéBougaraBoumerdés, Juillet, 2017,26p.

[22] ChNITI, SOFIEN. Optimisation de la bioproduction d'éthanol par valorization des refus de l'industrie de conditionnement des dates. Doctorat, Université Rennes 1 Français,2015,50p.

[23] FENNOUCHE, Ibtissem. Prouduction de bioéthanol à partir de résidus d'agriculture. Master,Génie des procédés,UniversitéBadjiMokhtar,Annaba,Juin

2017, 29-37p.

[25] Burillard, Lucile, et al. Les fermentations alimentaires.Synthèse bibliographique ,Université de Lorraine,2015/2016,16-18p.

[26] OUCIF,KhaledM.T.Mis en valeur des dérivés de dattes de la régiond'Ouedsoufpourlaproductionde bioéthanol. Doctorat,UniversitéKasdiMerbahOurgla,2017,40-52p

[27] M. Vitolo**.** "Production of ethanol and invertase by S. cerevisiae grown in black strap molasses," in Proceedings of the 7th Biomass for Energy and the Environment, Pergamon Press , Copenhagen, Denmark, 1996,1477-1481p.

[30] La production d'éthanol à partir de grains de maïs et de céréales, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec,2008p3-4.

[32] Création de marchés pour les Technologies Européennesd'EnergiesRenouvelablesCampagne de promotion des technologies RES",Production et Utilisation du Bioéthanol, p 9-13

المراجـــع

[10] حسام حسن علي غالب. كتاب أطلس أصناف نخيل التمر في دولة الإمارات العربية المتحدة ،مركز زايد للتراث و التاريخ, الإمارات العربية المتحدة، 2008.

[11] شيماء بن الساسي . تقييم الفعالية المضادة للأكسدة و المضادة للبكتيريا للمركبات الفينولية لبعض أصناف التمور من منطقة وادي ريغ بطرق مختلفة ، دكتوراه ، كلية الرياضيات وعلوم المادة ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، 2017 /2018، ص13.

[12] عمر غزاوي.إستراتيجية تسويق التمور في الجزائر، مجلة الباحث,جامعة ورقلة, العدد01، 2002، ص44.

[15] د.سالم اللوزي. دراسة تطوير إنتاج و تصنيع و تسويق التمور و الإستفادة من مخلفات النخيل في الوطن العربي ، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم، ديسمبر،2003. ص158.

[16] بلال بن عمر. انتخاب أشجار النخيل المذكرة بمحطة الضاوية (واد سوف، الجزائر) دراسة ميدانية و مخبرية ، دكتوراه، قسم البيولوجيا، كلية العلوم، جامعة باجي مختار، عنابة،2016/2015، ص 4.

[17] عيسجروني. دراسة مقارنة لتأثير حبوب لقاح نخيل التمر .Phoenix dactylifera L الذكريةعلى صفات الثمار الأنثوية, دكتوراه, جامعة الأخوة منتوري, قسنطينة, 2016/2015, ص11.

[19] أ.د.عبد الباسط عودة إبراهيم. التمور مصدر بديل لإنتاجالوقودالحيوي (الوقود النباتي) ، 2013،ص1. www.iraqi-datepalms.net()

[20] الأخضر بن عمر ،عبد الكريم بوغزالة أمحمد. إنتاج الوقود الحيوي الفرص و المخاطر مع الإشارة إلى حالة الجزائر, مجلة الدراسات الاقتصاديةالكمية،العدد03،2017، ص152.

[21] د. نوال محجوب سليمان. الوقود الحيوي (الإيجابيات و السلبيات) ، جامعة المجمعة، المملكة العربية السعودية. <https://www.mu.edu.sa/sites/default/field/chemistry.pdf>

[24] راشد عبد الفتاح زغلول.ميكروبيولوجيا التطبيقية ، كلية الزراعة جامعة بنها ، دار الكتب بالقاهرة ، 2019/2018, ص 416- 442

[28] عائشة حسنأحمد محمد . اقتصاديات الوقود الحيوي في السودان(الايثانول) ، دكتوراه، جامعة السودان ، 2017. ص7- 9.

[29] عائشة دبار. دراسة تأثير كمية الماء المضافة وكذا نسبة امتلاء المفاعل الحيوي على مردود البيوإيثانول الناتج عن تخمر التمور. ماستر، جامعة الوادي، 2014-2015. ص41.

[31] د.رعدالبصام. انتاج الوقود الحيوي من التمور، مجلة المرشد، الإدارة العامة لزراعة ابوظبي، العدد 38، 2008.

[33] د.موسىالفياض،م.عبير أبو رمان. مقالة علمية حول الوقود الحيوي الآفاق و المخاطر والفرص ،2009, ص 10-12.

ملخص:

تعنى هاته الدراسة بإنتاج الايثانول الحيوي من صنفين من التمر هما (الغرس و دقلة نور) باستعمال طريقة التخمر و الخميرة (Saccharomyces cerevisiae) ، بغية رفع مردود الايثانول المنتج ركزت الدراسة على اختبار تأثير كل من درجة حرارة التخمر، كمية الخميرة المضافة و كذا زمن التخمر على كمية الايثانول الحيوي المراد انتاجها. اعطى تحليل النتائج أن العوامل المثلى لعملية تخمر هذين الصنفين: (الزمن يناهز (65h), الكمية الخميرة (2 g/l), درجة الحرارة (32 °C) في الوسط الحامضي (pH = 4.5))، فكانت النسبة المئوية القصوى لتحويل التمر الى إيثانول حيوي تعادل (55.94% wt/wt) للغرس و (49.77% wt/wt) لدقلة نور، و هي نسب واعدة مقارنة بما تنتجه المحاصيل الاخرى، كما تمت نمذجة كمية الايثانول الحيوي المنتجة بهاته الطريقة من تمر الغرس، و معامل الارتباط للنموذج الرياضي المتحصل عليه باستعمال (BBD) وبالاستعانة ببرنامج (minitab-17) كان يساوي (97.41%).

Abstract:

This study focuses on the production of bioethanol from two types of dates (Ghares and Deglet noor) using the method of fermentation and yeast (Saccharomyces cerevisiae) to increase the yield of ethanol produced. The study focused on testing the effect of fermentation temperature on the amount of yeast added. The fermentation time is the amount of bioethanol to produce. The analysis of the results showed that the optimal factors for the fermentation process of these two types: (time of about 65h), amount of yeast (2 g/l), temperature (32°C) in acid medium (pH = 4.5) (55.94% w/w) for Ghares and (49.77% w/w) for Deglet noor, which is promising compared to other crops. The amount of bioethanol produced by the Ghares method and the correlation coefficient of the athlete model obtained using BBD and the minitab-17 program was equal to (97.41%).