

LA BIO-PRODUCTION DE L'ÉTHANOL À PARTIR DE DECHETS DE DATTES : EFFET DE L'INCORPORATION DES CENDRES DU NOYAU DE DEGLET-NOUR SUR LE RENDEMENT

CHIBI Souad*¹ et EL-HADI Djamel¹

1. Laboratoire d'Analyse Fonctionnelle des Procédés Chimiques, Département de génie des Procédés, Faculté de Technologie, Université de SAAD DAHLAB Blida 1 BP 270 - 09000 Blida Algérie

Reçu le 10/01/2018, Révisé le 01/06/2018, Accepté le 05/06/2018

Résumé

Description du sujet : La présente étude s'est focalisée sur la multiplication des ressources produites d'énergie dont les rebuts de dattes font partie.

Objectifs : L'objectif de cette étude, est fondé sur l'enrichissement de moûts issu de dattes de faible valeur marchande par les cendres du noyau de Deglet-Nour dans le but d'optimiser le rendement de bio-production de l'alcool éthylique.

Méthodes : Le procédé utilisé est basé sur une fermentation alcoolique classique en anaérobiose. L'évolution de la biomasse, l'assimilation des sucres totaux et la production de bioéthanol ont été évaluées. A la fin de la fermentation, une double distillation fractionnée a été effectuée pour pouvoir extraire l'éthanol.

Résultats : Les résultats obtenus ont montré que le moût des dattes : Kentichi, Hamraya et Degla-Beida était riche en sucres réducteurs soit 15,63 %, 23,20 % et 16,51 % respectivement, mais pauvre en protéines soit 0,24, 1,14 et 1,44 (g/100g de matière sèche) respectivement et en sels minéraux 1,17 %, 1,48 % et 0,96 %.

Conclusion : Le moût issu de la variété Kentichi enrichi par l'urée à raison de 2,4 g/l et par 1,13 g/l de cendre de noyau a permis de donner une meilleure quantité de biomasse soit $8,76 \times 10^{+8}$ UFC/ml avec un volume de l'éthanol de 1610 ml/Kg, suivie par Hamraya et Degla Beida à raison de $8,77 \times 10^{+8}$ UFC/ml et $8,54 \times 10^{+8}$ UFC/ml avec un volume d'éthanol de 1340,21 et 921,42 ml/Kg respectivement. Par contre les moûts non enrichis ont donné des volumes d'éthanol inférieurs. A la fin, le taux de pureté de bioéthanol produit est de 98,14%.

Mots clés: Cendres du noyau de datte ; bioéthanol ; valorisation ; *Saccharomyces cerevisiae*.

THE BIO-PRODUCTION OF ETHANOL FROM COMMON DATES: EFFECT OF THE INCORPORATION OF ASHES OF THE DEGLET-NOUR CORE ON PERFORMANCE

Abstract

Description of the subject : The present study focused on the multiplication of energy resources of which the rejects of dates are part of.

Objectives : The objective of this study is based on the enrichment of musts from the dates of low market value by the ash of the Deglet-Nour core in order to optimize the yield of the bio-production of ethylic alcohol.

Methods : The evolution of the biomass, the assimilation of total sugars and the production of bioethanol were estimated. At the end of the fermentation, a double split distillation was made to be able to extract the ethanol.

Results : The obtained results (profits) showed that the must extracts from dates: Kentichi, Hamraya and Degla-Beida were rich in sugars in particular in reducing sugars either 15,63 %, 23,20 % and 16,51 % respectively, but poor in proteins or 0,24, 1,14 and 1,44 (g/100g of dry material) respectively and in mineral salts 1,17 %, 1,48 % and 0,96 %.

Conclusion : The must stemming from the variety Kentichi enriched by the urea at the rate of 2,4 g/l and by 1,13 g/l of kernel ash has allowed to give a better quantity of biomass is $8,76 \times 10^{+8}$ UFC/ml with a volume of the 1610 ml/kg ethanol (98,14 %), followed by Hamraya and Degla Beida is right of $8,77 \times 10^{+8}$ UFC/ml and $8,54 \times 10^{+8}$ UFC/ml with a volume of ethanol of 1340,21 and 921,42 ml/kg respectively.

Keywords : Ashes of the date kernel ; bioethanol ; valorization ; *Saccharomyces cerevisiae*.

* Auteur correspondant: CHIBI Souad, E-mail: s.chibi@univ-blida.dz

INTRODUCTION

L'objectif primordial demeure la mise en place d'un développement durable, permettant de préserver nos ressources. Le carburant vert 'Bioéthanol' dérivé de la biomasse a le potentiel de remplacer les combustibles fossiles. Il est renouvelable, non toxique, biodégradable et plus respectueux de l'environnement.

Dans notre étude, nous allons aborder le sujet de la production d'éthanol faite à partir de matière biologique telle que les déchets de dattes. En Algérie, la phoeniciculture constitue le pivot de l'agriculture saharienne avec une prédominance du palmier dattier d'environ 22 % de la superficie totale de plantations. Le nombre de palmiers dattiers a connu ces deux dernières décennies une expansion fulgurante grâce au soutien agricole. Il est passé d'environ 8 million de palmiers en 1990 à environ 18 million en 2011, soit une augmentation de 125 %. Quant à la production de dattes, elle est passée, pour la même période, de 200 000 tonnes à environ 750 000 tonnes, soit une augmentation de 275 % [1]. Les unités de conditionnement de dattes, génèrent des quantités importantes de déchets issus des écarts de triage. Les rebuts de dattes représentent une moyenne de 50 % de la production dattier annuellement [2]. En se basant sur la production de 750 000 tonnes/an en 2011, on peut estimer le tonnage annuel de rebuts de dattes de $187,5 \times 10^3$ tonnes/an. Cette biomasse, considérée jusqu'alors comme un déchet avec un fort impact sur l'environnement peut être transformée en produit à haute valeur ajoutée. La valorisation de moût issu des déchets de dattes, de par sa richesse en sucres fermentescibles (environ 75 %), peut être transformé, par des procédés biotechnologiques en biocarburant, substance énergétique stratégique qui peut remplacer le pétrole léger, ou au moins permettre le coupage de l'essence (5 à 10 % de bioéthanol). L'utilisation de ce produit pourrait réduire les émissions de gaz carbonique de 25 % à 30 % et l'effet de serre de 3 à 8 %, ce qui est très considérable.

Dans le but de produire un additif écologique digne d'être le carburant du futur à partir de trois sirops fermentescibles à base de déchets de dattes, il s'agit de la variété Kentichi, Hamraya et Degla-Beida.

Les trois variétés choisies représentent la gamme la plus importante de point de vue tonnage, et qui sont liées directement, au manque d'eau d'irrigation et à la mauvaise qualité ou l'indisponibilité du pollen. En effet, ces dattes sont riches en sucres (60 à 80 %). Cette richesse pourrait être utilisée en biotechnologie comme substrat de fermentation par les levures pour la production de l'éthanol. Toutefois, les fortes teneurs en sucres induisent une pression osmotique très importante qui peut inhiber l'action de certains microorganismes [3]. De nombreux auteurs, affirment que le moût de dattes est pauvre en azote et en éléments nutritifs ce qui limite la biotransformations, l'enrichissement de ce milieu de culture par les éléments minéraux est par conséquent indispensable. L'utilisation des cendres du noyau de Deglet-Nour broyées en poudre très fine aux taux de 0,01 g/l, 0,03 g/l, 0,06 g/l, 0,09 g/l, 1,13 g/l et semble une solution intéressante.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel végétal

Trois variétés de déchets de dattes sont retenues dans cette étude, sont très répandues dans les palmerais dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) des régions de Biskra, El oued et Ouargla, wilayas localisées au Sud-est de l'Algérie, il s'agit des Variétés Degla-Beida, Kentichi et Hamraya (Photo 1). Le choix de ces variétés se justifie par son abondance au niveau national, sa faible valeur marchande et sa facilité de conservation (dattes sèches).

2. Matériel biologique

Une souche de type *Saccharomyces cerevisiae* a été principalement utilisée pour l'inoculation du milieu à une dose de 3×10^6 CFU/ml de moût, a été conservée sur gélose LB inclinée à 4°C. La souche utilisée au cours de ce travail a été sélectionnée comme une souche la moins sensible à l'éthanol [4], a été soumise à un test de production d'éthanol. Pour permettre à la levure de garder leur vitalité, des repiquages sont effectués chaque mois.

3. Préparation et caractérisation de jus de dattes

La préparation de jus de dattes a été réalisée selon la méthode de trempage inspirée de la méthode décrite par Guigou et Perez [5], mettant en œuvre une température d'extraction de 65°C pour une durée totale d'extraction de 2 heures. Les dattes de la variété Kentichi, Hamraya et Degla-Beida ont servi pour la préparation du jus. Une fois les dattes lavées, dénoyautées et découpées, 3 litres d'eau distillée ont été ajoutés pour chaque kilogramme de dattes pesé. Le mélange dattes-eau est maintenu, sous agitation continue, à la température de traitement à l'aide d'un bain-marie. Le moût de datte doit centrifuger à 5000 tours/min pendant 30 minutes afin de séparer les débris celluliques, alors que le surnageant est utilisé comme source de carbone pour la bio-production d'éthanol. Le milieu est stérilisé par autoclavage à 120°C pendant 20 minutes (Fig.1).



Extrait de Kentichi Extrait de Hamraya

Figure 1 : Extrait de trois variétés de rebut dattes utilisée pour la production de bioéthanol

4. Préparation des cendres de noyaux de datte de Deglet-Nour

La variété Deglet-Nour est dénoyauté manuellement et les noyaux macérés dans l'eau ordinaire pendant 24 heures, puis abondamment rincés afin d'éliminer le maximum d'impuretés et enfin séchés à l'air libre pendant quelques heures [6]. Les noyaux pulvérisés au moyen d'un broyeur ont donné un mélange homogène très fine, ensuite incinérer dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C à l'aide d'un four à moufle de type (Nabertherm B180, Germany) jusqu'à combustion complète de la matière organique.

5. Mise en évidence du pouvoir fermentaire de la souche sélectionné

5.1. Préparation de l'inoculum

Les fermentations alcooliques menées par les différentes souches de levure *S. cerevisiae* se font en 3 étapes de 24 heures chacune (tubes, pré-culture et levain). La première étape consiste à réactiver les levures dans un milieu YEPD (*Yeast Extract Peptone Dextrose*) liquide. La deuxième étape consiste à transférer le contenu de chaque tube dans un erlenmeyer de 250 ml contenant 45 ml de milieu YEPD. Cet erlenmeyer est incubé 24 heures à 30°C sous agitation. Après incubation, 15 ml sont transférés dans un autre erlenmeyer de 500 ml contenant 135 ml de milieu levain. Le levain est utilisé pourensemencer le milieu d'étude à 3×10^6 UFC/ml au début de la fermentation alcoolique. Ces 3 étapes se font à une température d'incubation d'ordre 30°C et sous une vitesse d'agitation 250 tours/min.

5.2. Culture en mode batch

La fermentation en batch (discontinue) est réalisé dans des erlenmeyers d'une capacité de 1L, contenant 300mL de milieu de culture, ces erlenmeyers sont ensemencés stérilement par un volume bien déterminé de pré-culture (3×10^6 UFC/ml). Les erlenmeyers sont fermées par un bouchon d'ouate doublé de papier aluminium resserré après chaque prélèvement. L'agitation est fixée à 250 tours/min, La température est de 30°C et pH initial de moût et ajusté à 4,5 par jus de citron. La sortie de gaz est assurée par des tuyaux en caoutchouc dont le bout est trompé dans l'eau afin de visualiser le dégagement du CO₂.

Six lots de milieu à base de sirop de trois variétés de dattes étudiées, pour chaque type de milieu on a réalisé trois expériences pour assurer le suivi de la fermentation alcoolique jusqu'à consommation totale des sucres ou arrêt de consommation qui correspond en fait à la fin de la fermentation (54 lots en total). La croissance de la levure a été contrôlée en réalisant trois prélèvements par jour.

6. Méthodes d'analyses

6.1. Analyses physico-chimiques

A partir du broyat de datte, on réalise les analyses physico-chimiques suivantes: le pH d'une solution aqueuse de pulpe de datte broyée ; la teneur en eau par dessiccation de 1g de broyat de dattes dans une capsule puis séchée dans une étuve, à température 103°C [7]; la teneur en cendres totale par calcination du broyat à 550°C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant; la teneur en sucres totale par la méthode Dubois permet de doser les oses en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré et enfin le dosage des sucres réducteurs (SR), on fait agir un excès de liqueur sur les sucres dans des conditions bien fixées, puis on sépare l'oxyde cuivreux et on traite par une liqueur sulfurique ou sulfate ferrique; Le titrage de l'acidité se fait avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de 0,1N en présence de quelques gouttes de phénolphthaléine comme indicateur et la teneur en azote total du sirop est déterminée par la méthode de Kjeldahl [8]. La détermination des éléments minéraux de trois sirops de dattes étudiées et les cendres du noyau de Deglet-Nour s'effectue par l'analyse XRF (La spectroscopie par fluorescence X).

6.2. Analyse de l'éthanol

La méthode utilisée est la chromatographie en phase gazeuse (CPG). Sept solutions contenant 0,5 ml de solutions de: 0, 1, 1,5, 2,3, 3, 3,5 et 4 g/l d'éthanol, 0,1 ml de dioxanne 1 % et 0,5 ml de la solution

saturée de $(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$ sont préparées et agitées au vortex [9].

300 μl de chacune des solutions sont ensuite placées dans le chromatographe. Ensuite une solution de 0,5 ml de l'échantillon mélangée à 0,1 ml de dioxanne et 0,5 ml de solution de sel saturée. La solution est alors mesurée. Le but du dioxanne est d'avoir une référence. Le rapport des aires entre celle de l'éthanol et celle du dioxanne nous permet de faire une droite d'étalonnage qui nous permettra de déterminer la concentration de l'éthanol dans cette dernière.

6.3. Analyse de la biomasse

L'évolution de la biomasse est suivie par comptage hématimétrique (Cellule de Malassez) de la population microbienne sous microscope optique type (OLYMPUS BH, G: 40 \times 10), après une coloration au bleu de méthylène (cellules viables). Cette méthode permet l'étude du temps de latence, le taux de croissance et le temps de génération.

RÉSULTATS

1. Caractérisation physico-chimiques du sirop et de la pulpe de dattes étudiées

Le tableau 1 résume les caractéristiques physico-chimiques du sirop et de la pulpe de trois dattes étudiées (Kentichi, Hamraya et Degla-Beida).

Tableau 1: Caractéristiques chimiques des dettes étudiées

Composants	Kentichi		Hamraya		Degla-Beida	
	Pulpe	Sirop	Pulpe	Sirop	Pulpe	Sirop
Matière sèche (%)	82,27 \pm 0,24	11,28 \pm 0,56	84,45 \pm 0,12	16,89 \pm 0,53	81,64 \pm 0,14	16,67 \pm 0,91
Humidité (%)	14,81 \pm 1,24	88,72 \pm 0,02	15,81 \pm 0,68	70,11 \pm 0,21	14,55 \pm 1,54	83,33 \pm 0,43
pH	5,95 \pm 0,01	5,06 \pm 0,03	5,87 \pm 0,02	5,20 \pm 0,01	5,4 \pm 0,45	5,32 \pm 0,74
Cendres (%)	1,99 \pm 0,33	1,17 \pm 0,01	2,74 \pm 0,15	1,48 \pm 0,34	2,18 \pm 0,17	0,96 \pm 0,21
Sucres totaux (%)	72,35 \pm 0,23	29,93 \pm 1,23	78,36 \pm 0,58	26,49 \pm 0,95	74,00 \pm 1,31	20,53 \pm 0,84
Sucres réducteurs (%)	21,63 \pm 0,31	15,63 \pm 0,34	21,15 \pm 1,48	23,20 \pm 0,06	48,86 \pm 0,14	16,51 \pm 0,07
Saccharose (%)	47,78 \pm 0,25	22,39 \pm 0,45	19,13 \pm 1,07	0,91 \pm 0,07	10,24 \pm 1,07	2,54 \pm 1,76
Acidité titrable (%)	0,29 \pm 0,10	0,68 \pm 0,74	1,41 \pm 0,02	1,06 \pm 0,23	0,33 \pm 0,21	0,21 \pm 0,11
Protéines (g/MS)	2,51 \pm 0,35	0,24 \pm 0,16	2,28 \pm 0,14	1,14 \pm 0,07	2,25 \pm 0,09	1,44 \pm 0,21

2. Analyse de cendre de noyau de Deglet-Nour

Le tableau 2 donne les résultats des éléments minéraux par l'analyse XRF, les noyaux de dattes referment une teneur en cendre égale à 2,28 %.

Tableau 2: Composition minérale de cendre du noyau de Déglet-Nour

Eléments minéraux	K	Ca	Mg	P	Na	Zn	Cu	Fe	Mn
Teneur (mg/100g de cendre)	125,60	395,19	46,66	183,27	46,65	4,24	8,49	1,85	0,22

3. Pouvoir fermentaires de la levure sélectionnée

Durant de la fermentation alcoolique, les sucres fermentescibles contenus dans le fruit sont convertis en éthanol et en gaz carbonique par l'action des microorganismes, principalement des levures. Dans cette partie on s'intéresse à l'effet de l'enrichissement des milieux de culture en cendres de noyau de Deglet-Nour sur le rendement de la bio-production de l'éthanol. Trois paramètres essentiels qui nous renseignent réellement sur l'évolution de la fermentation alcoolique sont l'évolution de la biomasse, l'assimilation des sucres et la production d'alcool.

3.1. Evolution de la biomasse

Au cours des fermentations dans les conditions expérimentales précisées précédemment, les concentrations en sucres résiduaux, en l'éthanol ont été quantifiées.

Les courbes de croissance portées sur la figure 2 montrent qu'une augmentation de pourcentage de la matière minérale a un effet positif sur la vitesse de croissance.

3.2. Production de bioéthanol et l'assimilation des sucres totaux

Les résultats de l'évolution de la concentration de bio-éthanol des trois variétés de dattes étudiées sont présentés dans la figure 3. On observe que la concentration finale en bio-éthanol diffère selon le pourcentage de cendres incorporé dans le milieu de culture.

Le processus microbien fait intervenir la consommation de substrat et la formation de biomasse et du produit ainsi qu'un dégagement de chaleur.

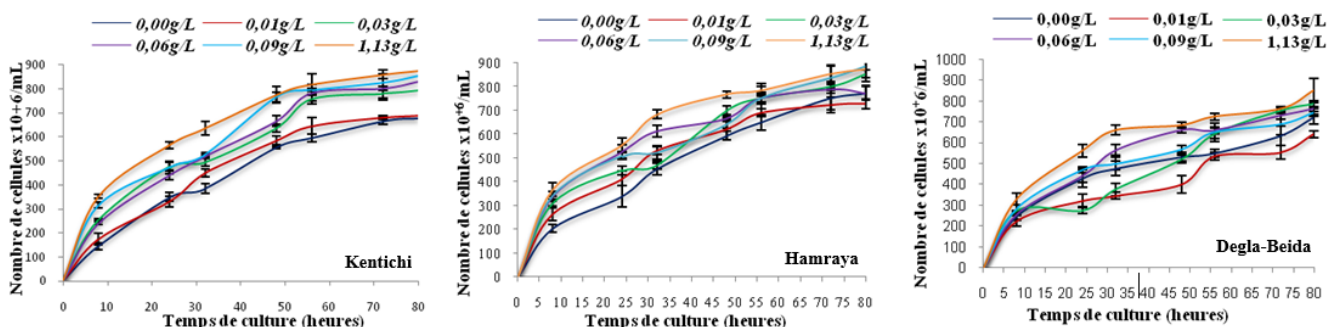


Figure 2: Cinétique de la croissance de *S. cerevisiae* sur différents sirops au cours de la fermentation.

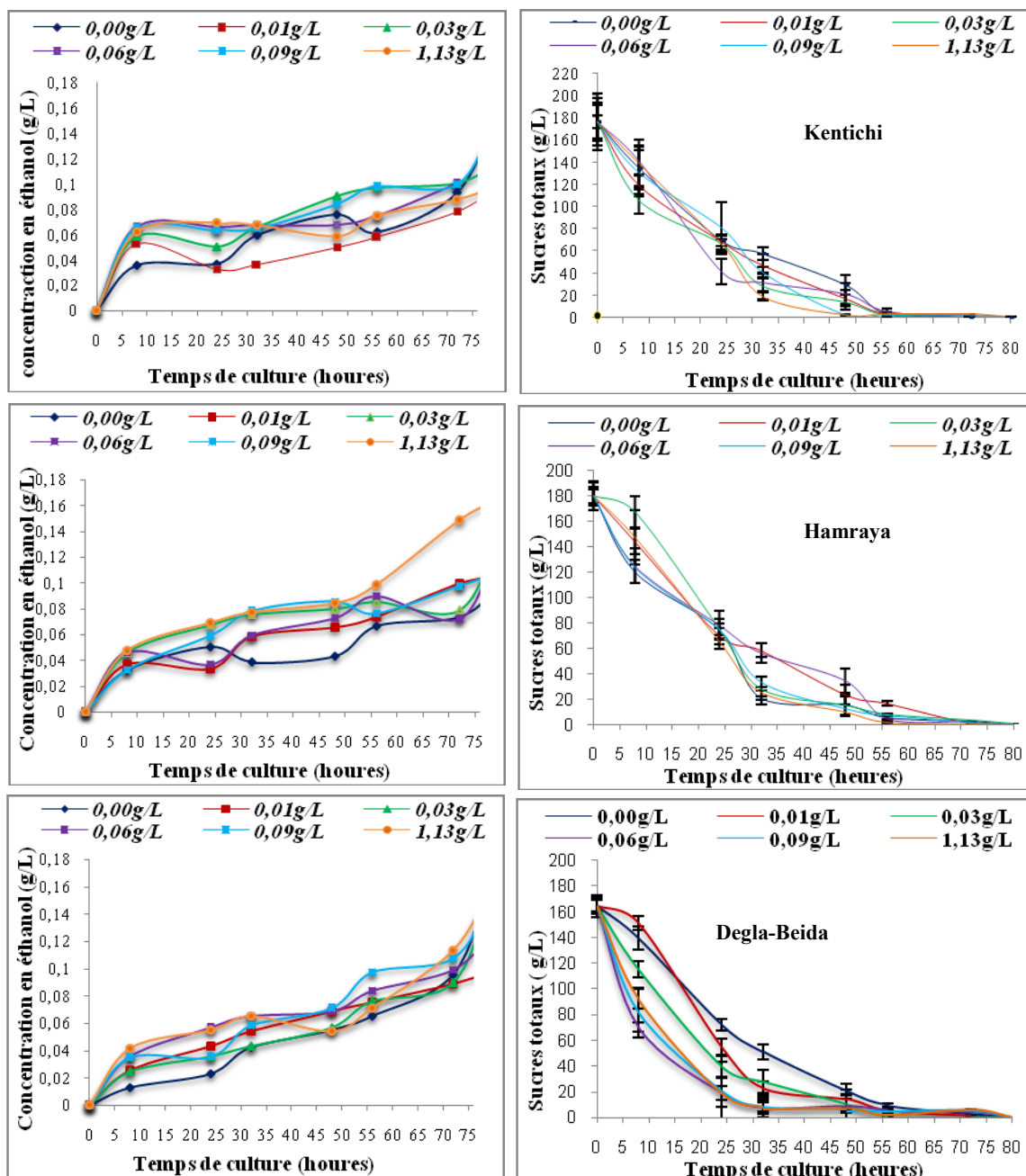


Figure 3: Concentration de l'éthanol en fonction de temps de fermentation

4. Purification du bioéthanol

A la fin de la fermentation, nous serons en présence d'un vin de dattes qu'il faut distiller pour pouvoir extraire l'éthanol. La production du bio-éthanol par la fermentation alcoolique du moût de dattes produit des mélanges eau-éthanol. Pour une utilisation comme carburant, l'éthanol doit être purifié. La distillation fractionnée est la méthode de la vérification de la pureté de notre bioéthanol.

C'est l'opération de séparation de l'alcool, de l'eau et des impuretés, dans une colonne de distillation à 78°C. Elle permet de concentrer l'éthanol et conduit à un alcool brut ou flegme. Pour obtenir de l'éthanol plus pur, il faut dessécher en utilisant un desséchant, tels que le tamis moléculaire 3Å (taille des pores) avec une formule chimique $Al_{12}K_{12}O_{48}Si_{12} \cdot xH_2O$ et de 2 mm diamètre particule, les micropores du tamis moléculaire réabsorbent l'eau jusqu'à des concentrations très faibles.

Le tableau 3 résume les résultats de la biomasse maximale, taux des sucres consommés, volume en éthanol après la 2^{ème} distillation fractionnée ainsi l'index

de réfraction remis à 20°C après le processus de la fermentation alcoolique de 1Kg de chaque variétés de dattes étudiées.

Tableau 3: Biomasse maximale, Sucres consommés, Volume en éthanol après la 2^{ème} distillation fractionnée ainsi l'index de réfraction pour les trois variétés de dattes étudiées.

Milieu à base de sirop de Kentichi avec une [Sucres totaux]_o= 176 g/L						
Concentration en cendre	0,00 g/L	0,01 g/L	0,03 g/L	0,06 g/L	0,09 g/L	1,13 g/L
Biomasse maximale (CFU/mL)	675	690	795	831	856	876
Sucres totaux consommés (g/L)	175,4	175,5	175,6	175,6	175,4	175,8
Volume final en éthanol (mL/Kg)	685,0	865,19	1022,96	1160	1442,72	1610
Index de réfraction a 20°C (n _D ²⁰)	1,3653	1,3610	1,3602	1,3556	1,3631	1,3604
Milieu à base de sirop de Hamraya avec une [Sucres totaux]_o= 180 g/L						
Concentration en cendre	0,00 g/L	0,01 g/L	0,03 g/L	0,06 g/L	0,09 g/L	1,13 g/L
Biomasse maximale (CFU/mL)	675	729,52	855	772	889	877
Sucres totaux consommés (g/L)	179,7	179,5	179,5	180	180	180
Volume final en éthanol (mL/Kg)	860,43	860,61	960,66	1180,50	1260,75	1340,21
Index de réfraction a 20°C (n _D ²⁰)	1,3657	1,3631	1,3566	1,3629	1,3648	1,3645
Milieu à base de sirop de Degla-Beida avec une [Sucres totaux]_o= 164,6 g/L						
Concentration en cendre	0,00 g/L	0,01 g/L	0,03 g/L	0,06 g/L	0,09 g/L	1,13 g/L
Biomasse maximale (CFU/mL)	620	641	787	765	747	854
Sucres totaux consommés (g/L)	164,56	164,56	164,56	164,56	164,56	164,56
Volume final en éthanol (mL/Kg)	780,87	840,17	878,57	880,11	835,78	921,42
Index de réfraction a 20°C (n _D ²⁰)	1,3656	1,3655	1,3641	1,3656	1,3641	1,3610

5. Analyse Infra rouge de bioéthanol obtenu

Un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) est une technique d'analyse utilisée dans le but de vérifier la pureté de bioéthanol obtenu (Fig. 4 et Tableau 4)

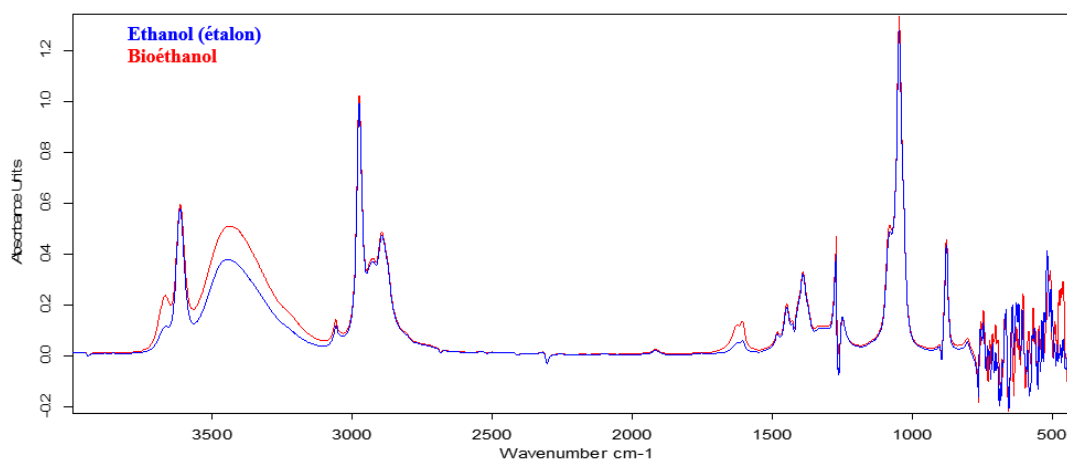


Figure 4: Comparaison entre les spectres de l'éthanol (étalon) et le bioéthanol produite

Tableau 4: Comparaison entre les propriétés physico-chimiques de l'éthanol et de bioéthanol

Propriété (unité)	Ethanol absolu	Bioéthanol
Température d'ébullition	77,2°C	78,0°C
Indice de réfraction	1,3629	1,3648
Pourcentage d'éthanol	98%	98,137%
Densité	0,7906	0,7932

DISCUSSION

Les résultats obtenus de la caractérisation physico-chimiques du sirop et de la pulpe de dattes étudiées (tableau 1), montrent que la teneur est comprise entre 14,55 % et 15,81 %, d'après ces résultats, les dattes étudiées sont des variétés sèches car elles présentent des teneurs en eau < 26 % [10]. Cette faible teneur en eau permet une bonne conservation du produit pendant une longue période de stockage à la température ambiante. Les teneurs en matière sèche des produits sont plus ou moins proches les unes des autres. Le moût de Hamraya et Degla-Beida présentent les teneurs en matière sèche les plus élevées de 16,89 % et 16,67 % respectivement, alors que Kentichi est de 11,28 %. D'une manière générale les taux en matière sèche dans les différents moûts filtrés pour les dattes étudiés, sont très importants.

Les sucres sont les constituants prédominants de la datte. Ils sont également responsables de la douceur de l'aliment. La teneur en sucres totaux est très variable, elle dépend de la variété considérée, du climat et du stade de maturation. Néanmoins, tous s'accordent à dire que les teneurs en sucres totaux des dattes sont de l'ordre de 60 à 80 %. Généralement, la valeur trouvée montre la richesse de la datte en sucres totaux, ce qui constitue un substrat favorable à la multiplication des levures.

D'après les résultats obtenus, la teneur en sucres dans la pulpe est plus importante que celle des moûts à base de dattes. Nous constatons la richesse des trois variétés de dattes testées en sucres totaux, varient entre 72,35 et 74 % du poids frais. La variété Degla-Beida est la plus riche en sucre et variété Kentichi est la moins sucrée.

De nombreux auteurs dont Saafi *et al.* [11], affirment que la datte renferme une teneur en cendre comprise entre 1,5 et 4 %, alors que le taux de cendres des dattes de cette étude, semble faible soit Hamraya (1,48 %), Kentichi (1,17 %) et Degla-Beida (0,96 %) ne peut pas couvrir les besoins de la levure qui sont portés par Malepeyre [12] de l'ordre de 8,5 %. L'enrichissement de ce milieu de culture par les éléments minéraux est par conséquent indispensable. Le taux de protéines des sirops de dattes est comprise entre 0,24 et 1,44 g/100g de matière sèche, inférieur à la valeur citée par Besbes *et al.* [14],

cependant le milieu de culture doit être supplémenté par l'urée comme source d'azote pour assurer un métabolisme optimal pour les levures.

Le pH est un autre paramètre déterminant l'aptitude à la conservation des aliments. Il est légèrement acide, ce pH est préjudiciable aux bactéries mais approprié au développement de flore fongique. Le pH de différents moûts de dattes est entre 5,06 et 5,32 avec une acidité comprise entre 0,21 et 1,06, ces valeurs ne permettent pas une bonne croissance de la levure d'où nécessité de l'ajout d'acide sulfurique H₂SO₄ [15].

La composition minérale de cendre du noyau de Déglet-Nour, montre que les teneurs en Calcium et en Magnésium du noyau de Déglet-Nour 395,19 g/100g et 46,66 mg/100g respectivement sont supérieures à celles trouvées par Abdul *et al.* [16], soit 38,8 mg/100g et 51,7 mg/100g pour la même variété. Par contre le potassium présente une teneur de 125,6 mg/100 g, cette valeur est faible que celle rapportée par le même chercheur (soit 229 mg/100g) pour la variété Déglet-Nour. La cendre du noyau présente une teneur en phosphore d'ordre 183,27 mg/100g. Cette valeur est plus importante que celle rapportée par Platat *et al.* [17], soit 2 mg/100g pour la variété Khalas. La teneur en fer (1,85 mg/100g) est comparable à celles de trouvées pour deux variétés de dattes tunisiennes (Déglet-Nour et Allig) qui sont de 2,3mg/100g et 2,21mg/100g respectivement [14].

Les teneurs en zinc, cuivre et manganèse présentent des valeurs non négligeables soit 4,24 mg/100g, 8,49 mg/100g et 0,22 mg/100g respectivement. En générale, les résultats obtenus montrent que la composition minérale des cendres du noyau de la variété de datte Déglet-Nour est très intéressante pour enrichir les milieux de cultures à base des moûts de dattes étudiées.

La fermentation sur sirop à base de dattes nous a permis de définir les différentes phases des courbes de croissance, notons qu'aucune des croissances observées ne présente de phase de latence.

Une meilleure production de la biomasse a été observée dans les milieux à base de moûts de Kentichi et Hamraya, elle atteint $6,9 \times 10^{+8}$ UFC/ml, $7,95 \times 10^{+8}$ UFC/ml, $8,31 \times 10^{+8}$ UFC/ml, $8,56 \times 10^{+8}$ UFC/ml et $8,76 \times 10^{+8}$ UFC/ml pour le milieu à base de Kentichi enrichis avec de 0,01 g/l, 0,03 g/l, 0,06 g/l, 0,09 g/l et 1,13 g/l respectivement. On constate que l'enrichissement de milieux de culture en concentration croissante de centre de noyaux de dattes rend la levure plus active. La production la moins importante est enregistrée avec les témoins des trois variétés Kentichi, Hamraya et Degla-Beida $6,75 \times 10^{+8}$ UFC/ml, $6,75 \times 10^{+8}$ UFC/ml et $6,2 \times 10^{+8}$ UFC/ml respectivement.

Les courbes d'assimilation des sucres totaux ont une allure décroissante, suivie par augmentation de la concentration de bioéthanol. La consommation des sucres totaux dans les cinq lots de milieux enrichis est supérieure à celle du lot témoin. Donc, l'enrichissement des lots par les cendres accélère la vitesse des réactions de façon appréciable. Après 72 heures de fermentation, une importante dégradation des sucres totaux est révélée. Concernant la teneur en alcool obtenue au cours des différents lots de milieux enrichis est importante et elle varie selon la nature de la variété d'un part, d'autre part selon la concentration de cendres ajoutée. La production d'alcool augmente durant les dernières 48 heures de la fermentation, ainsi la cinétique de croissance et de production d'alcool pour une concentration de 1,13 g/l est meilleure pour les trois variétés étudiées. Le moût issu de la variété Kentichi enrichi par l'urée à raison de 2,4 g/l et par 1,13 g/l de minéraux a permis de donner un volume de l'éthanol de 1610 ml/Kg (98,14 %), suivie par Hamraya et Degla Beida à raison de 1340,21 et 921,42 ml/Kg respectivement.

L'allure des spectres de l'éthanol étalon et le bioéthanol dilués dans le dichlorométhane est identique dans le domaine spectral compris entre 4000 et 400 cm^{-1} ce qui indique qu'il s'agit d'un même produit. On constate que les deux spectres montrent une bande moyenne à 3615 cm^{-1} qui représente l'élongation du groupement O—H (libre).

Ils présentent également une bande large entre 3560 et 3150 cm^{-1} correspondante à l'élongation de la liaison O—H liée (en solution diluée) ou le bioéthanol montre une intensité un peu plus élevée par rapport à l'éthanol étalon du probablement à l'humidité présente dans le premier, confirmé par l'apparition d'un pic faible à 1605 cm^{-1} . Enfin, nous observons que les intensités de l'absorbance au niveau de la bande spécifique à 1047 cm^{-1} correspondante à l'élongation de la liaison C—O d'un alcool primaire, sont presque égales ce qui permet de confirmer que le bioéthanol est bien apte à substituer l'éthanol absolu pour les différentes applications.

CONCLUSION

La présente étude, est focalisée sur la valorisation de trois cultivars de dattes de faible valeur marchande (Kentichi, Hamraya et Degla-Beida) et les noyaux de Deglet-Nour par un processus biotechnologique: production d'un additif écologique renouvelable, non toxique, biodégradable et plus respectueux de l'environnement tels que le bioéthanol. Le procédé utilisé et basé sur une fermentation alcoolique classique en anaérobiose. D'après cette étude, pouvons conclure que le moût élaboré à partir de déchets de dattes est un milieu riche en sucres simples et en sels minéraux est constitué un milieu favorable pour le développement de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae*, mais leur pauvreté en matières azotées et en éléments nutritifs, est un facteur limitant. En ce sens, les noyaux de Deglet-Nour sont utilisés sous forme de cendres comme une source minérale et nutritif pour enrichir les milieux de culture à base de moût de dattes. Néanmoins, l'utilisation des cendres rend la levure (*S. cerevisiae*) plus active, une meilleure production en biomasse et en alcool éthylique a été observée dans les milieux enrichis par l'urée à raison de 2,4 g/l et par les cendres du noyau de Deglet-Nour à raison de 0,01 g/l, 0,03 g/l, 0,06 g/l, 0,09 g/l et 1,13 g/l. A la fin, la comparaison entre les propriétés physico-chimiques de l'éthanol (étalon) et le bioéthanol produite sont semblables ce qui permet de confirmer que le bioéthanol est bien apte à substituer l'éthanol absolu pour les différentes applications.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Benziouche SE. and Cheriet F. (2012).** Structure and constraints of the date chain in Algeria. *New Mediat. A Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment* N 4, Q 17, F 14, 49-51.
- [2]. **Anonyme. (2012).** *Caisse nationale de mutualité agricole*. Algérie.
- [3]. **Chibi S., Rabet S. et El-Hadi D. (2016).** Etude des Paramètres Environnementaux sur la Croissance de "*Saccharomyces Cerevisiae*" Isolée de Rebutts de Dattes, *Algerian J. Env. Sc. Technology*, 2(3): 62-69.
- [4]. **Djelal H., Larher F., Martin G. and Amrane A. (2012).** Continuous culture for the bioproduction of glycerol and ethanol by *Hansenula anomala* growing under salt stress conditions. *Annals Microbiol.*, 62 : 49-54.
- [5]. **Guigou M., Lareo C. and Perez M.E. (2011).** Luberas, 'Bioethanol Production from Sweet Sorghum: Evaluation of Post-Harvest Treatments on Sugar Extraction and Fermentation', *Biomass and Bioenergy*, 35(7): 3058 – 3062.
- [6]. **Norme Algérienne, NA.717. (1987).** Détermination des cendres totale. ISO 1575, Catalogue des normes algériennes.
- [7]. **Audigie C., Dupont G. and Zonszain F. (1983).** *Principals of analysing methods of biochemical*. Ed. Doin, T. 2, Paris, 144p.
- [8]. **Lecoq R. (1965).** *Handle alimentatry analyses and usuelle experts* . Tome I. Ed. Doin, Deren et Cie, 241-251p.
- [9]. **Abegg D., Calo N., Mazamay E. et Surriabre P. (2008).** Détermination des conditions optimales de separation et dosage de l'éthanol et du methanol. Université de Geneve, science II, Laboratoire 144- Groupe 4, 3-4p.
- [10]. **Riviere (1975).** *Industriel application of the microbiologie*. Ed Masson et Cie, 203p.
- [11]. **Saafi E.B., Trigui M., Thabet R., Hammami M. and Achour L. (2008).** Common date palm in Tunisia: chemical composition of pulp and pits. *International Journal of Food Science and Technology* 3 : 2033-2037.
- [12]. **Malepeyre F. (1875).** *Nouveau manuel complet du fabricant de levure, traitant de sa composition chimique, de sa production et de son emploi dans l'industrie*, librairie encyclopidique de Roret, Paris. 3-98p.
- [13]. **Al-Obaidi Z.A., Aziz G.M., Al-Hakkak T.S. and Al-Hilli M.A. (1987).** Optimization of propagation medium for baker's yeast using date extract and molasses: 2. Determination of the optimum concentration of micro-elements and vitamins. *Date Palm J.* 5: 64-78.
- [14]. **Besbes S., Blecker C., Deroanne C., Lognay G., Drira N. E. and Attia H. (2004).** Quality Characteristics and Oxidative Stability of Date Seed Oil during Storage. *Food Science and Technology International*, 10: 333-338.
- [15]. **Basanta K.R. (2012).** *Essentials of Industrial Microbiology*, Fourth Edition. Dahan. 140-151p.
- [16]. **Abdul Afiq M.J., Abdul Rahman R., Che Man Y.B., Mansor T.S.T. and Al-Kahtani H.A. (2013).** Date seed and date seed oil. *International Food Research Journal*, 20(5): 2035-2043
- [17]. **Platat C., Habib H.M., Al Maqbali F.D., Jaber N.N. and Ibrahim, WH. (2014).** Identification of Date Seeds Varieties Patterns to Optimize Nutritional Benefits of Date Seeds. *Journal of Nutrition & Food*, S8: 008. doi:10.4172/2155-9600.S8-008