

Valorisation des rebuts de dattes par la production de la levure boulangère, de l'alcool et du vinaigre

Reçu le 11/04/2007 – Accepté le 29/04/2008

Résumé

En Algérie des quantités importantes de rebuts de dattes sont générées à chaque campagne. Ces rebuts, riches en sucres peuvent être transformés par des procédés biotechnologiques pour obtenir de la levure boulangère, de l'alcool et du vinaigre. En ce sens, les résultats obtenus sur la fermentation en Fed-Batch montrent que les souches SDB et STB isolées à partir des dattes des variétés "Degla-Beida" et "Tantboucht" donnent des rendements en biomasse élevés variant entre 31.5 et 32.9 g/l meilleurs que celui obtenu avec la souche témoin, ATCC 1102 soit 30.7 g/l. L'utilisation du sulfate d'ammonium et de l'urée à 50 - 50 % et du phosphate d'ammonium donnent des rendements en biomasse meilleurs par rapport à l'urée. Par contre, l'apport de vitamines n'a aucun effet sur les rendements en biomasse.

Pour ce qui est de la production d'alcool, la teneur en alcool obtenue au cours des différentes fermentations et sur les différents substrats est élevée et elle varie entre 9.0 et 13.5 °.

Enfin, il est possible d'obtenir chaque 36 heures de fermentation acétique continue du vinaigre titrant entre 7.2 et 8.5 ° acétique.

Mots clés : Moûts de dattes, *Saccharomyces cerevisiae*, Biomasse, Alcool, Vinaigre

Abstract

In Algeria an important quantities of offal's of dates are generated each campaign. There offal's, rich in sugars could be transformed by some biotechnical processes in order to obtain the bakery yeast, alcohol and vinegar. In this sense, the results obtained on Fed-Batch show the SDB and STB strains isolated from the dates of varieties of "Degla-Beida" and "Tantboucht" give an elevated yields of biomass variable between 31.5 and 32.9 g/l good than the one obtained with the strain witness, ATCC 1102 either 30.7 g/l. The use of the sulphate of ammonia and urea with 50 - 50% and ammonium phosphate give better quantities in biomass compared to urea. On the other hand, the contribution of vitamins does not have any effect on the yields in biomass.

As regards the production of alcohol, the content alcohol obtained course of various fermentations and on the various substrates is raised and it varies between 9.0 and 13.5 °.

Lastly, it is possible to obtain each 36 hours of continuous acetic fermentation vinegar titrating between 7.2 and 8.5 °

Keys words : Musts of dates, *Saccharomyces cerevisiae*, Biomass, Alcohol, Vinegar

S. ACOURENE¹
A. AMMOUCHE²
K. DJAAFRI¹

¹ Station de
l'Institut National
de la Recherche
Agronomique
d'Algérie (INRAA)
Touggourt BP 17
Ouargla Algérie.

² Institut National
Agronomique El-
Harrach Alger

ملخص

في الجزائر كميات هائلة من نفايات التمر تتوفر في كل موسم. يمكن تحويل هذه النفايات الغنية بالسكريات عن طريق إجراءات بيوتكنولوجية للحصول على خميرة الخبز، على الكحول و على الخل. في هذا السياق، فإن النتائج المحصل عليها عن طريق الخمر Fed-Batch تبين أن السلالات SDB و STB المعزولة من تمر أنواع دقلة بيضاء و تنطبوشت أعطت أعلى مردود لكتلة حيوية تتراوح ما بين 31.5 و 32.9 غ / ل أفضل من المردود المحصل من الكتلة الحيوية، سلالة الشاهد، ATCC 1102 و المقدر بـ 30.7 غ/ل. إن استعمال سو لفات الأمونيوم و اليوريا بنسبة 50 - 50 % و كذا فوسفات الأمونيوم أعطى أفضل مردود كتلة حيوية مقارنة باليوريا. بينما، إضافة الفيتامينات لم يكن لها تأثير على مردود الكتلة الحيوية.

فيما يخص إنتاج الكحول، فإن درجة الكحول المحصل عليها خلال مختلف التخمرات و على مختلف المواد فهي عالية و تتراوح ما بين 9.0 و 13.5 °.

و في الأخير، يمكن الحصول على خل بمعيار ما بين 7.2 و 8.5 ° في كل 36 ساعة من تخمر الخليك المستمرة.

الكلمات المفتاحية : عصير التمر، *Saccharomyces cerevisiae*، سلالة، كتلة حيوية، كحول، خل.

Les activités agricoles et agro-industrielles génèrent de grandes quantités importantes de déchets qui peuvent constituer de nouvelles matières premières pour de nombreuses industries agroalimentaires. A cet effet, leurs valorisations par des procédés biotechnologiques représentent une solution de choix dans la mesure où elle permet de produire des substances à haute valeur ajoutée.

En Algérie, une quantité de 80.000 à 95.000 tonnes de dattes est moins appréciée sur le marché, constituée de dattes communes et des écarts de tri de la Deglet-Nour [1].

Par ailleurs, il existe en Algérie deux levurreries, utilisant plus de 25.000 tonnes de mélasse par an pour la fabrication de la levure boulangère [2]. L'utilisation de la mélasse de betterave ou de canne peut causer certaines contraintes car elle peut éventuellement contenir des inhibiteurs de fermentation provenant des biocides utilisés pendant la culture de betteraves ou de canne ou des procédés d'extraction des sucres.

D'autre part, il est utile de signaler que l'Algérie importe l'ensemble de ses en alcool éthylique. La production d'éthanol à partir des rebuts de dattes constituera une solution intéressante sur le plan économique. L'éthanol naturel peut remplacer avantageusement celui obtenu par voie chimique à partir des produits pétroliers. En outre, l'intérêt de produire de l'éthanol vient du fait que c'est une substance énergétique stratégique. Son utilisation couvre un champ étendu d'activités industrielles : fabrication de spiritueux, d'intermédiaires chimiques (produits de beauté, parfums, cosmétiques, produits pharmaceutiques, solvants, détergents, désinfectants et acides organiques).

Enfin, il est à noter que le vinaigre provient d'une double fermentation : La première fermentation est alcoolique où les sucres sont transformés en alcool et la seconde fermentation est acétique où l'alcool est transformé en acide acétique par *Acetobacter aceti*. Cette fermentation se matérialise par l'apparition d'un mince voile gris sur le dessus du liquide et petit à petit ce voile s'enfonce dans le liquide. La production mondiale de vinaigre est estimée à plus de 6.506.000 hectolitres par an [3]. L'Algérie importe la majorité de ses besoins en vinaigre.

Cette étude a pour objectifs, l'utilisation des rebuts de la Deglet-Nour comme substrat pour la fabrication de la levure boulangère, d'alcool et du vinaigre. En effet, ces dattes sont riches en sucres qui peuvent être utilisés comme source carbonée de fermentation pour la production de ces métabolites. En ce sens, l'utilisation de des rebuts de dattes comme moyen de substitution à la mélasse est justifiée, car non seulement elle est produite localement en grande quantité et à bon marché mais aussi, elle permet d'économiser des devises au

pays. Néanmoins, la fixation des conditions de fermentation ainsi que l'étude des processus de fabrication de la levure boulangère, alcool et vinaigre sont nécessaires afin de se prononcer.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de Rebuts de dattes produits par la variété Deglet-Nour.

Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour la production de la levure boulangère et alcool est constitué de plusieurs souches de *Saccharomyces cerevisiae*. La souche témoin **ATCC 1102** provient de la levurrerie d'Alger et les souches isolées à partir de quelques variétés de dattes et sont nommées, **SDB** (Souche isolée à partir de Degla-Beida), **STB** (Souche isolée à partir de Tantboucht), **SDN1** et **SDN2** (Souches isolées à partir de Deglet-Nour), **SHW** (Souche isolée à partir de Halwa), **SKD** (Souche isolée à partir d'El-Kaid), **STN** (Souche isolée à partir de Tinissine) et **SSB** (Souche isolée à partir de Tissibi). Pour la production de la levure boulangère en Fed-Batch ainsi que l'alcool, on a utilisé la souche SDB.

Pour la production de vinaigre, le matériel biologique utilisé est une souche d'*acetobacter aceti* isolée à partir du vinaigre de dattes produit localement.

Protocole Expérimental

Préparation du milieu de culture ou moût de dattes

Une fois les dattes lavées, dénoyautées et broyées, on ajoute à 1 kg de dattes, 2,5 litres d'eau. On chauffe dans un bain-marie à 85 °C durant 45 minutes et sous agitation continue. On filtre le moût obtenu à travers un filtre puis on le stérilise dans une autoclave à 120 °C durant 20 minutes.

Production de *saccharomyces cerevisiae* en Fed-Batch

Préparation de l'inoculum (Préculture)

Dans un Erlenmeyer de 250 ml, nous mettons 20 ml de milieu de Carlsberg puis ensemencés à partir du tube gélosé contenant l'inoculum. La quantité de souche utilisée est d'un µg. On homogénéise puis on l'incube à 30 °C pendant 24 heures et sous agitation continue à raison de 45 oscillations par minute [4].

Fermentation alcoolique

Cette fermentation a pour but d'adapter la souche de levure au milieu de culture utilisé. Ainsi, 300 ml de moût de dattes enrichi en protéines et en sels minéraux

sont inoculés par 20 ml de suspension du milieu de préculture. On ajuste le pH entre 4.3 et 4.7 et on l'incube à 30°C durant 18 heures [4].

Culture en Fed-Batch

La culture en Fed-Batch s'est déroulée sur une période de 15 heures dans un fermenteur est d'une capacité de trois litres muni de tous les accessoires et est rempli au 2/3 de son volume. La température de fermentation est maintenue à 30°C et le pH est fixé à 4.5. L'agitation est de 300 tours par minute et une aération fixée à 2 V.V.M. Le débit d'alimentation du fermenteur en substrat est réglé de façon à ce que la concentration de ce dernier soit constante dans la cuve et corresponde à la phase logarithmique de croissance cellulaire [4 et 5].

Il est à noter qu'on a ajouté au milieu de fermentation pur la production de *Saccharomyces cerevisiae* en Fed-Batch, différentes sources d'azote et de vitamines.

Les sources d'azote utilisées sont : Urée, Sulfate d'ammonium (S.A), urée et sulfate d'ammonium à 50 - 50 %, Phosphate d'ammonium (D.A.P) et l'ammoniaque.

Les vitamines utilisées sont : Biotine, Pantothénate de calcium et Thiamine.

Production d'alcool

Pré-fermentation

Elle a pour objet de développer une forte population de *Saccharomyces cerevisiae*. Ainsi, les souches entretenues sur milieu gélosé incliné subissent une réactivation sur milieu de Carlsberg. A cet effet, dans un Erlenmeyer de 250 ml de volume, nous mettons 30 ml de milieu de Carlsberg stérilisé à 120 °C pendant 20 minutes puisensemencés après refroidissement à partir de la souche conservée dans un tube gélosé incliné. La quantité de souche utilisée est d'un µg. L'incubation se fait à 30°C pendant 24 heures, en aérobiose et sous agitation continue à raison de 45 oscillations par minute [4].

* Production d'alcool proprement dite

Après incubation, l'inoculum est transféré dans un fermenteur de trois litres muni de tous les accessoires rempli au 2/3 de son volume de moût de dattes enrichi en phosphate d'ammonium à raison de 0.5 à 2.5 g/l. La fermentation est conduite en anaérobiose à une température de 30 - 32°C durant 72 heures [6].

Production de vinaigre

Fermentation en discontinue

Pour produire du vinaigre, les bactéries acétiques ont été isolées à partir du vinaigre de dattes traditionnel

produit au niveau de la région de Ghardaia en utilisant les milieux de Carr et Frateur [7].

Les deux milieux de culture sont stérilisés à 120 °C durant 15 minutes. Après refroidissement, nous ajoutons à chacun d'eux 100 ml d'éthanol dilué à 15 %. Ces derniers sont ensuite inoculés par touches successives avec la mère de vinaigre pour isoler les Acétobacter. On inocule le vin de dattes ayant un degré alcoolique variant entre 10 et 12 ° avec ces Acétobacter. La fermentation est réalisée dans un acétificateur. La température de fermentation est maintenue à 30 °C et ce durant sept jours[7].

Fermentation continue

La production de quantités importantes du vinaigre nécessite un mode de fermentation continue par l'addition de vin de dattes au vinaigre en aérobiose. Ainsi, à 1.2 litres d'alcool de dattes, nous ajoutons deux litres de vinaigre, dans un acétificateur. Chaque 36 heures, on soutire une quantité de vinaigre soit 500 ml ou 1 litre et on ajoute la même quantité d'alcool de dattes [7].

Méthodes analytiques

Quantité de biomasse et dosage des sucres résiduels

100 ml de milieu de fermentation sont centrifugés à 3500 tours/minutes pendant 15 minutes puis on récupère le surnageant pour doser les sucres résiduels ainsi que le culot qu'on lave deux fois avec l'eau distillée stérilisée.

Le culot est centrifugé à chaque lavage et le culot est pesé pour déterminer le poids de biomasse en matière fraîche puis séché dans une étuve à 45 °C jusqu'au poids constant pour déterminer le poids de biomasse en matière sèche [4].

Le dosage des sucres résiduels est réalisé sur le surnageant par la méthode de Bertrand, rapporté par [8].

La force de levée

Elle représente le volume de CO₂ dégagé par la levure dans une pâte boulangère de composition donnée pendant un temps déterminé à une température donnée.

La méthode utilisée est celle du S.J.A qui consiste à déterminer le temps de fermentation de la levure, ensuite on détermine la quantité de CO₂ dégagé dans une table de correspondance [9].

Degré alcoolique

La méthode utilisée est la chromatographie en phase gazeuse (CPG). Ainsi, on prépare une série de mélanges contenant, pour 10 ml de solution, des pourcentages en volume d'éthanol variant de 3 à 21 %.

A chaque mélange, on ajoute 1ml de propan-1-ol. Ensuite, on injecte 0,3 µl de chacune des solutions ainsi réalisées précédemment. Enfin, on trace une courbe d'étalonnage qui sera utilisée pour déterminer la teneur en éthanol dans le vin [10].

Détermination du rendement de métabolisation

C'est le rapport entre la teneur en alcool et la quantité de sucre consommée par les levures.

Détermination du pH

On récupère 100 ml de vinaigre et on détermine le pH en utilisant un pH mètre de paillasse [11].

L'acidité totale

On dilue légèrement 6 ml de vinaigre avec un peu d'eau distillée chaude. Après refroidissement, le vinaigre est titré avec du NaOH 1N et en présence de la phénophtaléine [11].

L'acidité non volatile

10 ml de vinaigre sont versés dans un creuset de 200 ml et laissés évaporés au bain-marie jusqu'à dessèchement. L'extrait est ensuite dilué avec 10 ml d'eau distillée et évaporé dans un bain-marie, l'opération est répétée trois fois.

Ensuite, l'extrait résiduel est repris avec 200 ml d'eau distillée fraîchement préparée et refroidie. Le titrage se fait avec de la potasse 0.1 N en présence de la phénophtaléine [11].

L'acidité volatile

Elle est déterminée par différence :
L'acidité totale - L'acidité non volatile

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Production de la levure boulangère en Fed-batch

La quantité de biomasse obtenue varie considérablement suivant la souche de *Saccharomyces cerevisiae* utilisée. Ainsi, les souches STB et SDB donnent des quantités en biomasse élevées variant entre 31.5 et 32.9 g/l (figure 1). Ces quantités sont meilleures que celle obtenue avec la souche témoin, ATCC 1102 soit 30.7 g/l. Contrairement à la souche SDN1, la quantité de biomasse obtenue est très faible, elle est de 16.3 g/l (figure 1). Des résultats similaires ont été rapportés par [12].

Par ailleurs, la force de levée la plus élevée a été obtenue avec la souche SDB soit 1444.0 ml de CO₂ et la plus faible avec la souche SDN1 soit 752 ml de CO₂ (figure 1).

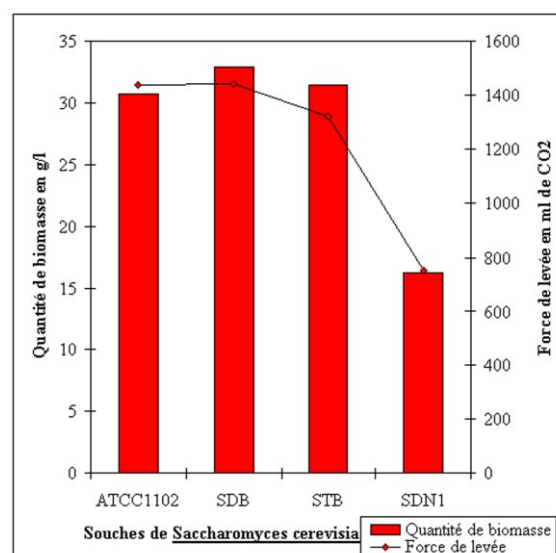


Figure 1 : Evolution du rendement en biomasse et de la force de levée en utilisant les différentes souches de *Saccharomyces cerevisiae*

Concernant la source azotée, l'étude comparative montre que le phosphate d'ammonium donne une quantité en biomasse élevée soit 45.47 g de MS/l par rapport aux autres sources d'azote (figure 2).

L'amélioration du rendement obtenu avec cette source azotée est probablement liée à l'apport du phosphore en quantité appréciable indispensable au développement des levures.

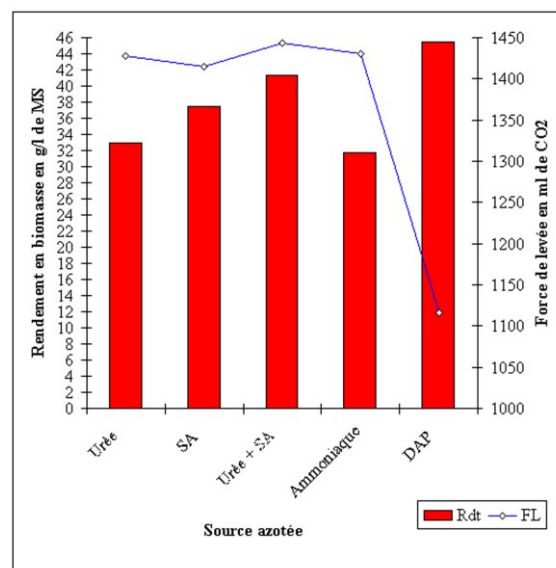


Figure 2 : Evolution du rendement en biomasse et de la force de levée suivant la source azotée (Souche SDB)

Ainsi, selon [13] il faut au moins une part de P₂O₅ pour trois parts de NH₂ consommée. Cette source d'azote est intéressante car le phosphore apporté participe à la structure des acides nucléiques et des protéines des constituants pondéralement importants de

la cellule de *Saccharomyces cerevisiae* [14]. Toutefois, cette dernière est coûteuse par rapport à l'urée et au sulfate d'ammonium. Pour ce qui est de la force de levée, les résultats obtenus montrent que la source azotée n'a pas d'effet. Toutefois, l'utilisation du phosphate d'ammonium comme source azotée réduit légèrement la force de levée de 1444 à 1116 ml de CO₂ (figure 2).

Pour ce qui est de la source vitaminique, aucune amélioration des quantités en biomasse n'a été notée et ceci quel que soit la teneur en ces vitamines (tableau 1).

Tableau 1: Quantité de biomasse et force de levée suivant la source vitaminique (Souche SDB)

Caractères		Quantité de biomasse en g/l de M.S	Force de levée en ml de CO ₂
Biotine	Témoin	40.75	1444.00
	2 mg/l	40.50	1441.00
	4 mg/l	41.80	1627.00
	6 mg/l	41.40	1644.00
	8 mg/l	42.20	1639.00
Pantothénate de calcium	Témoin	40.78	1444.00
	1 mg/l	40.10	1443.00
	2 mg/l	40.60	1423.00
	3 mg/l	40.60	1449.00
Thiamine	Témoin	40.15	1444.00
	0.2 mg/l	40.97	1447.50
	0.4 mg/l	41.30	1448.00
	0.6 mg/l	43.52	1452.00
	0.8 mg/l	44.27	1452.00
	0.6 mg/l		

Ainsi, les quantités de biomasse obtenues avec ces vitamines varient entre 40.1 - 42.2 g/l de M.S (tableau 1). Toutefois avec la thiamine, une légère amélioration de la quantité en biomasse est notée et la teneur optimale requise est de 0.6 mg/l. Concernant la force de levée, les résultats obtenus montrent qu'au-delà d'une quantité de biotine de 4 mg/l, il y'a amélioration de la force de levée qui passe de 1444 à 1627 ml de CO₂. Pour ce qui est de la Thiamine et le Pantothénate de calcium n'ont aucun effet sur la force de levée de la levure boulangère. Des résultats similaires ont été signalés par [4 et 5].

Production d'alcool

Les résultats obtenus montrent que la teneur en sucres diminue au fur et à mesure que la production d'éthanol augmente pour atteindre 0.51 % de M.F au bout de 72 heures de fermentation (figure 3).

Par ailleurs, la production d'alcool évolue progressivement au cours de la fermentation, pour atteindre, 6.2 ° en 24 heures puis 9.9 ° en 48 heures pour

se stabiliser à 11.8 ° au-delà de 72 heures. La teneur en alcool obtenue dans cette étude est supérieure à celles indiquées par [6, 7, 15 et 16] variant entre 8.5 et 10.0 °.

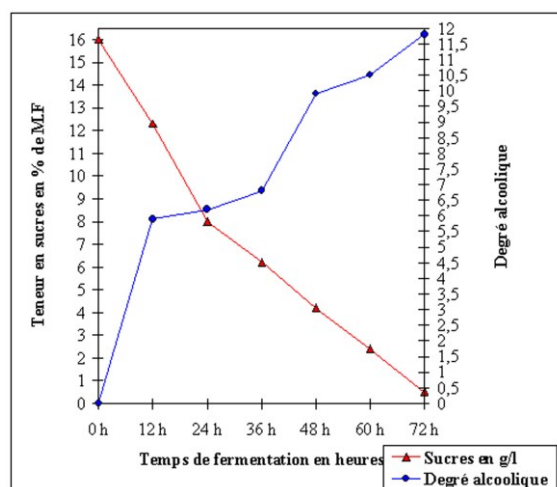


Figure 3: Evolution des teneurs en sucres résiduels et en alcool au cours de la fermentation alcoolique (Souche SDB)

D'autre part, les souches SDB et SHW produisent des vins ayant des teneurs en alcool élevées variant entre 11.75 et 13.2 ° comparable ou même meilleures que celle de la souche témoin de *Saccharomyces cerevisiae* (ATCC 1102) soit 12.0 ° (figure 4).

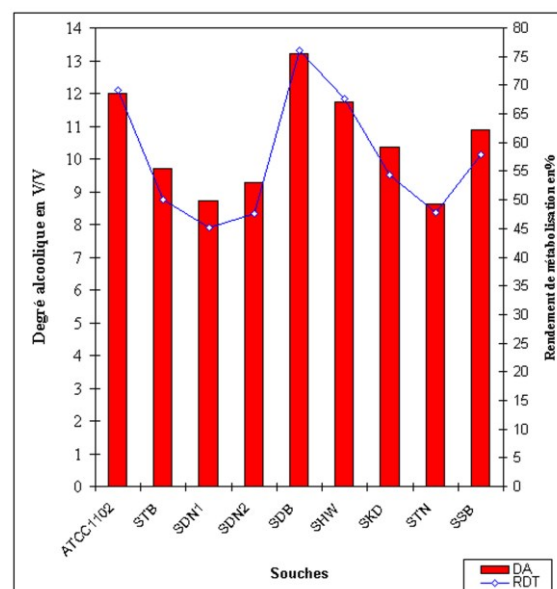


Figure 4: Evolution du degré alcoolique et du rendement de métabolisation suivant les différentes souches de *S. cerevisiae*

Il est à noter que la souche SDB donne les meilleurs résultats à savoir, un degré alcoolique de 13.2 ° et un rendement de métabolisation de 76.0 % supérieurs à ceux de la souche témoin de *Saccharomyces cerevisiae* (ATCC 1102). Des résultats similaires ont été obtenus par [15 et 17] en utilisant plusieurs souches de *saccharomyces cerevisiae* et par [18] en utilisant des souches de *Zymomonas mobilis*. Enfin, [15] a obtenu une teneur en alcool plus élevée soit 14.1 ° en utilisant

une souche de *Saccharomyces cerevisiae* isolée à partir des dattes irakiennes. En outre, le degré alcoolique et le rendement de métabolisation augmentent au fur et à mesure que la quantité de sucres du milieu de fermentation devient plus importante pour se stabiliser à 13.3 ° et 76.61 %, respectivement, au-delà de 180 g de sucres par litre de milieu de fermentation (figure 5).

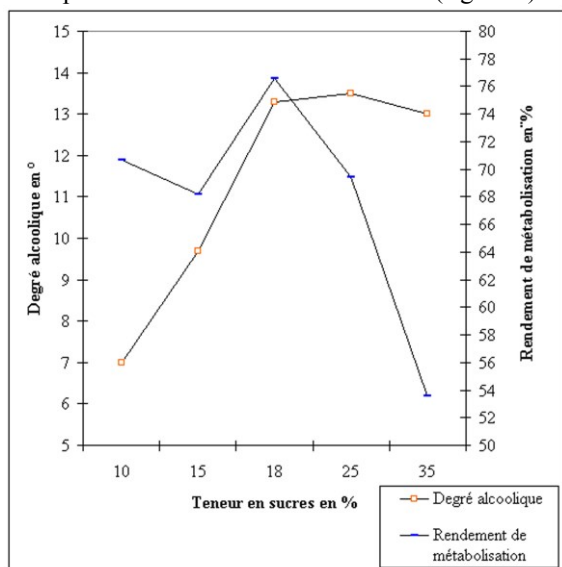


Figure 5: Evolution du degré alcoolique et du rendement de métabolisation suivant la teneur en sucres (Souche SDB)

Ainsi, le rendement optimal de métabolisation soit 76.61 % a été obtenu avec une teneur en sucres du milieu de 18 %.

De même, [15 et 18] ont obtenu un rendement de métabolisation de 80 % en utilisant un moût de dattes ayant une teneur en sucres de 22 % de M.F.

Il est à noter que la phosphate d'ammonium améliore la teneur en alcool et le rendement de métabolisation qui peuvent atteindre respectivement, 13.4 ° et

77.18 %, en ajoutant une quantité supérieure ou égale à 1.0 g/l (figure 6).

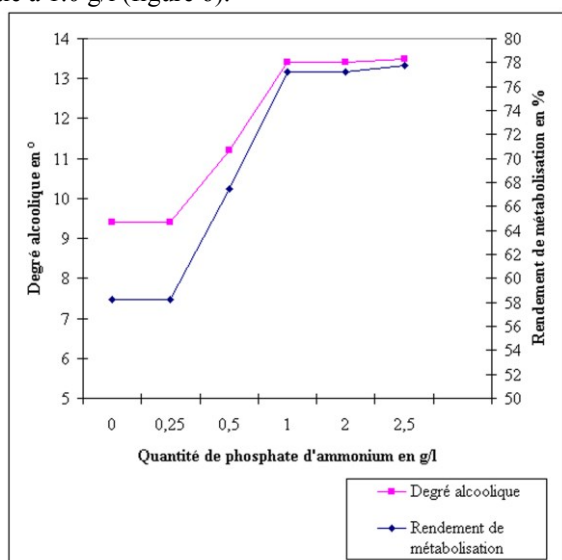


Figure 6: Evolution du degré alcoolique et du rendement de métabolisation suivant la teneur en phosphate d'ammonium (Souche SDB)

A cet effet, on préconise l'ajout de 1.0 g/l de phosphate d'ammonium; alors que plusieurs auteurs [6, 7 et 19] préconisent 2.0 à 2.5 g/l.

Enfin, le degré alcoolique et le rendement de métabolisation obtenus au cours des différentes fermentations sur les différents substrats sont élevés comparés à ceux obtenus par [20] à partir de la mélasse et à ceux obtenus par [7 et 18] sur les dattes.

En outre, [20 et 21] rapportent que chaque gramme de glucose peut fournir 0.46 à 0.51g d'éthanol. Nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux trouvés par ces auteurs soient 0.58 à 0.77 g d'alcool.

D'autre part, plusieurs auteurs se sont penchés sur l'amélioration du rendement en alcool et plus particulièrement sur l'étude des facteurs responsables de l'inhibition de la biosynthèse d'éthanol qui apparaissent en fin de fermentation. A cet effet, [31] a montré que des concentrations mêmes faibles en alcool, inférieures à 6 % entraînent une inhibition partielle et irréversible de l'exo kinase. Cette inhibition est totale quand la concentration en alcool atteint 10 % et plus [17].

Production du vinaigre

Le vinaigre traditionnel produit au niveau des régions sahariennes Algériennes est obtenu par la mise en fermentation d'un kilogramme de dattes pour deux litres d'eau, auxquelles sont additionnées, selon les techniques du savoir-faire traditionnel, certaines substances : Blé, orge, coriandre, piment, sel de table, clous en fer, charbon et huile de table [22].

Le vin de dattes laissé à l'air libre s'oxyde au bout de 42 à 50 jours pour donner du vinaigre titrant entre 5 et 5.3 ° acétique et présentant un pH très acide variant entre 2.6 et 2.7 (figure 7).

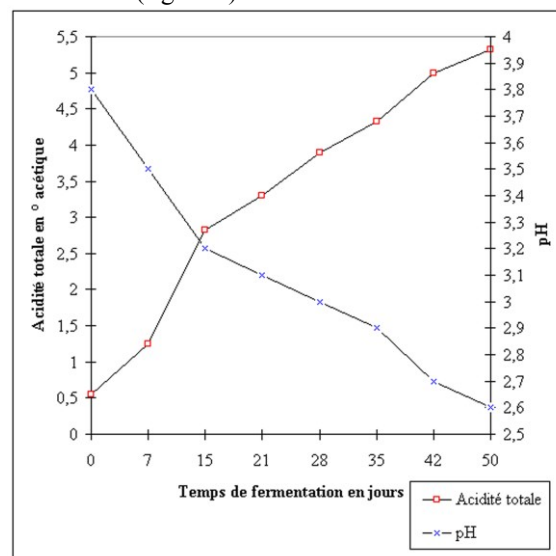


Figure 7: Evolution de l'acidité et du pH du vinaigre traditionnelle

Ainsi, les résultats obtenus dans cette étude sont comparables et voir meilleurs que ceux rapportés par [7, 22 et 23] variant entre 30.38 et 55 g/l d'acide acétique.

Concernant la culture submergée, cette dernière est subdivisée en deux. Une culture submergée produisant une acidité moyenne soit 5 à 10 °, dans ce cas on utilise les souches *Gluconacetobacter xylinus* ou *Acétobacter aceti*. L'autre est la production d'acide élevée soit 10 à 20 °, avec une souche d'*Acétobacter polyoxogenes* [24]. Les résultats obtenus dans cette étude correspondent à la culture submergée produisant une acidité moyenne de 80.0 g/l (tableau 2).

Tableau 2: Acidité, teneur en alcool, rendement et productivité horaire en fermentation discontinue

Ech	A. tot g/l	A. non volatile g/l	A. volatile g/l	Teneur alcool (°)	Rdt (%)	Prod. %/heure
1	77.0	36.0	41.0	1.2	87.5	0.0458
2	81.0	38.0	43.0	0.8	87.0	0.0482
3	82.0	39.0	43.0	1.0	91.1	0.0488

Concernant les acidités non volatile et volatile, les résultats obtenus montrent que ces dernières varient respectivement entre 36 - 39 g/l et 41 - 43 g/l.

Pour ce qui est de la teneur en alcool résiduel, ce dernier varie entre 0.8 et 1.0 %. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par [11 et 23].

Enfin, le rendement de métabolisation et la productivité horaire ont été estimés, respectivement à plus de 87 % et entre 0.0458 - 0.0488 g/100 ml/heure. Ces résultats sont meilleurs que ceux obtenus par [3, 7 et 23]. Concernant la fermentation submergée en continue, les résultats rapportés sur la figure 8 montrent clairement qu'il est possible d'obtenir chaque 36 heures du vinaigre titrant entre 7.2 et 8.5 ° acétique et un pH variant entre 2.7 et 2.8.

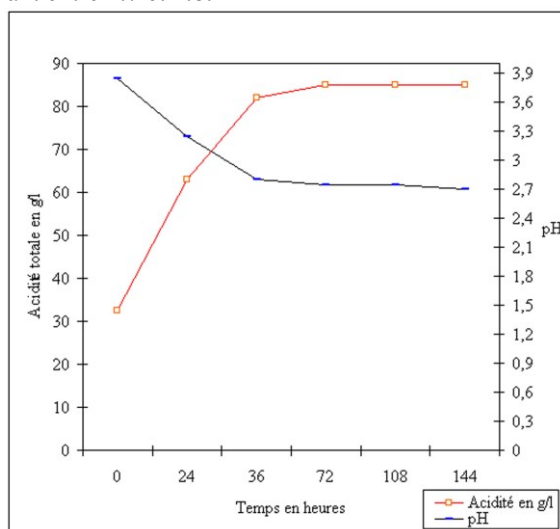


Figure 8 : Evolution de l'acidité et du pH au cours de la fermentation continue

Ces résultats sont meilleurs que ceux signalés par [7] sur milieu à base de dattes.

CONCLUSION

Les résultats obtenus sur la fermentation en Fed-Batch montrent que les souches **SDB et STB** donnent des rendements en biomasse élevés variant entre 31.5 et 32.9 g/l meilleurs que ceux obtenus avec la souche témoin, **ATCC 1102** soit 30.7 g/l.

Néanmoins, l'optimisation des paramètres de fabrication de la levure boulangère afin d'améliorer les rendements et la qualité de la levure produite est souhaitable.

En ce sens, l'utilisation du sulfate d'ammonium + urée à 50 - 50 % et du phosphate d'ammonium améliore de plus de 25 % et de 38 %, respectivement, le rendement en biomasse par rapport à l'urée. Toutefois, le phosphate d'ammonium est coûteux par rapport à l'urée et au sulfate d'ammonium. A cet effet, on recommande l'utilisation du sulfate d'ammonium et de l'urée à 50 - 50 % comme source azotée pour la production de la levure boulangère. Pour ce qui est de la source vitaminique, les résultats obtenus montrent qu'il n'est pas nécessaire d'apporter les vitamines au cours de la fermentation malgré une légère amélioration des rendements en ajoutant 0.6 mg/l de thiamine.

Ce résultat peut probablement être expliqué par la richesse du moût des rebuts de dattes en Biotine, Pantothénate de calcium et Thiamine nécessaires aux développements des levures.

Concernant la production d'alcool, cette dernière évolue progressivement au cours de la fermentation pour se stabiliser à 11.8 ° au-delà de 72 heures de fermentation.

Par ailleurs, la teneur en alcool et le rendement de métabolisation sont fonction principalement de la souche de *Saccharomyces cerevisiae* utilisée. En ce sens, la souche SDB donne les meilleurs résultats à savoir une teneur en alcool de 13.2 ° et un rendement de métabolisation de l'ordre de 76.0 %.

Pour ce qui est de la fermentation acétique, dans les conditions optimales (Température de 30 °C, une acidité initiale de 1.2 % et une aération de 2VVM), la productivité horaire obtenue varie entre 0.0458 et 0.0488 g/100 ml/heure. Enfin, les résultats obtenus sur la fermentation acétique en continue montrent qu'il est possible d'obtenir chaque 36 heures du vinaigre titrant entre 7.2 et 8.5 ° acétique.

REFERENCES

- [1]- Anonyme, "Statistiques agricoles, superficies et productions". M.A, D.S.A.E.E, Série A, Alger (2001) pp. 5 - 6.
- [2]- Anonyme, "Fabrication de la levure boulangère". Levurrerie de Oued-Smar, Alger (2002), 20 p.
- [3]- Maldonado, O., Rolz, C., et Shneider de Cabrera, S., "Wine and vinegar production from tropical fruits". Journ. Of Food Sc., Vol. 40, N° 2, (1975) pp. 265 - 267.
- [4]- Al-Obaidi, Z.S., "Optimization of propagation medium for Baker's Yeast using date extract and molasses. Determination of the optimum concentration of micro elements and vitamins". Date palm journal, vol. 5 (1) N°9 (1987), pp. 65-78.
- [5]- Mohammed, N.A., Al-Obaidi, Z.S., Hassen, N.A., Jassem, M.A., "Semi-industrial production of baker's yeast using date extract and molasses". Journ. Agricul. and Water Resources Research, Vol. 5, N°1 (1986), pp. 20 - 45.
- [6]- Touzi, A., "Production d'éthanol à partir des déchets de dattes". Rev. Rech. Agro., N°1 (1997), pp. 53 - 58.
- [7]- Boughnou, N., "Essai de production de vinaigre à partir des déchets de dattes". Thèse de magister en sciences alimentaires, INA, El-Harrach (1988), 82 p.
- [8]- Audigie, CI, Figarelle, J. et Zonszani, F., "Manipulations d'analyses biochimiques". Doin éditeurs, Paris (1984) pp. 88 - 97
- [9]- Anonyme, "Contrôle de la levure fraîche et sèche". CERIAI, Blida (1992), 25 p.
- [10]- Pocock, K.F., Rankine, B.C. "Measurement of the alcohol content of wine by gas chromatography". Rev. Aust. Wine Brew. Spirit N°93, (1974), pp. 32 - 34.
- [11]- Follman, H., "Acetic acid". H.J. Rehm and G.Reed Editors, Vol. 5, Chap. 3, (1983), pp. 388 - 407.
- [12]- De Kock, S.H., Du Preez, J.C. and Kilian, S.G., "Anomalies in the growth kinetics of *Saccharomyces cerevisiae* strains in aerobic chemostat cultures". Journ. of Indust. Micro. and Biotech., N°24 (2000), pp. 231 - 236.
- [13]- Reed, G and Pepler, H.J., "Baker' yeast production". "Yeast technology". Westport, AVI, pub.company, INC, Connecticut (1973), pp. 53 - 102.
- [14]- Ammouche, A, "Contribution à l'étude de la concentration en méthanol et de la source azotée sur la croissance de la levure *Hansenula polymorpha*". Thèse Magister INA, El-Harrach (1979), 72 p.
- [15]- Al-Ogaidi, H.K., Muslh, R. and Ali, N.M., 1988 : "Isolation and identification of some Iraqi local ethanol production yeast grown on date juice". Date Palm Journ., Vol. 6(2), N°12 (1988), pp. 433 - 445.
- [16]- Nonus, M. et Miniac, M., "Gain de productivité d'éthanol en fermentation alcoolique des produits de sucrerie (mélasses, égouts) ". Journ. I.A.A. N°102 (1985), pp. 971 - 985.
- [17]- Hayshida, S. et Ohta, K., 1981 : "Formation of high concentrations of alcohol by various yeasts". Journ. Inst. Brew., N°87 ((1981), pp. 542 - 43.
- [18]- Sachde, A.G., "On study of the possibility of producing quantity wines from some commercial varieties of dates". Journ. Agr. N°16 (1) (1981), pp. 93 - 106.
- [19]- Navarro, J.M., "Fermentation alcoolique: Influence des conditions de culture sur l'inhibition par l'éthanol". Journ. cellular and molecular biology, N°26, P (1980), pp. 241 - 246.
- [20]- Dumoulin, E.D., "Determination of ethanol in complex products of distilleries by stepping on gas chromatographic analysis". In, Journ.Agric. food Chem. (1986), pp. 66 - 70.
- [21]- Gaudmaris, G., Arlie, J.P. et Bet, J.C., "Les carburants de substitution". Rev. la Recherche, N° 175 (1986), pp. 376 - 384.
- [22]- Ould El Hadj, M.D., Sebihi, A.H. et Siboukeur, O., "Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette de Ouargla". Rev. C.D.E.R, spéciale Biomasse (2000), pp. 87 - 92.
- [23]- Alanisalah, K., "Utilisation de sucres de dattes pour la production de vinaigre". Séminaire sur les dattes, Baghdad (1982), pp. 196 - 210.
- [24]- Entani, E., Ohmori, S., Masai, H. and Suzuki, K., "*Acetobacter polyoxogenes* sp. nov., a new species of an acetic acid bacterium useful for producing vinegar with high acidity". Journ. Gen. Appl. Microbiol., N°31 (1985), pp. 475 - 490.