

ORIGINAL RESEARCH PAPER

**RECOVERY OF OVERRIPE BANANAS FOR
BIOETHANOL PRODUCTION**

**RECUPERATION DES BANANES SURMATURES POUR
OBTENIR DU BIOETHANOL**

Maria Cristiana Garnai^{*}, Camelia Vizireanu, Felicia Dima

*"Dunărea de Jos" University of Galati, Faculty of Food Science and
Engineering, Domnească Street, 47, RO-800008, Galati, Romania*

*Corresponding author: maria.garnai@ugal.ro

Received: March, 15, 2013

Accepted: August, 30, 2013

Abstract: This paper aimed the capitalization of overripe bananas that can no longer be used as fruits for consumption. Bananas fermentation was performed in several variants depending on the fermentation agent (yeasts) and on the different nutrients and growth promoters added to the fermentation media.

The research aimed to establish an optimal bioconversion of the banana carbohydrates into ethanol.

Keywords: *alcoholic fermentation, alcoholic fermentation yeast, bioethanol, overripe bananas*

INTRODUCTION

Il y a deux procédées pour l'obtention du l'éthanol : la synthèse chimique (éthanol de synthèse) et par voie biotechnologique (bioéthanol) - la fermentation des liquides contenant des sucres en présence d'une levure. Les matières premières utilisées pour produire de l'alcool par fermentation sont:

- l'amidon cru (pommes de terre, céréales: maïs, seigle, blé, orge, avoine, riz, sorgho);
- le sucre brut (mélasse de betterave à sucre, canne à sucre, fruits, grignons, etc.);
- les matériaux cellulositiques (déchets de bois de sapin, d'épicéa, d'hêtre);
- les matières contenant de l'inuline (Jérusalem tubercules d'artichaut, des racines de chicorée).

Les matériaux utilisés le plus couramment en Roumanie sont les suivants: céréales, pommes de terre et mélasse [1].

L'alcool brut est le produit obtenu après une première distillation de la pâte fermentée qui peut attendre une concentration en alcool de 80-85% vol. Appart de l'alcool il contient des substances volatiles de la pâte fermentée, qui donne : le goût, l'odeur et opalescence (caractéristique nuisible). Par conséquence l'alcool brut peut être soumis à un processus de raffinassions qui conduit à l'obtention de alcool éthylique, avec une concentration minimale en éthanol, 96% vol., qui se présente comme un liquide limpide et incolore avec une odeur caractéristique et un goût brûlant. L'alcool ne doit pas contenir le furfural d'éthyle et de méthyle et en fonction de la destination peut contenir un certain pourcentage d'impuretés volatiles [2].

Le contenu élevé en alcoolé assure un niveau élevé de conservabilité des distillats. Il est bien connu l'effet de l'alcool d'empêcher la croissance de micro-organismes [3].

L'ouvrage a eu pour but la valorisation des bananes trop mûres qui ne puissent plus être utilisées comme fruits pour consommation. La fermentation des bananes a été réalisée en plusieurs variantes, selon l'agent de fermentation et selon la supplémentation du milieu en éléments nutritifs et stimulateurs de croissance [4, 5].

La recherche a visé à établir un choix optimal de travail pour obtenir la bioconversion des glucides en bioéthanol.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Les matières premières et auxiliaires utilisées sont les suivants :

- bananes trop mûres (qui ne présentent ni traces de fermentation, ni de moule);
- sucre – le levain utilise comme milieu de fermentation a été préparé sans et avec supplémentation en sucre;
- levures de fermentation alcoolique ;
- suppléments nutritifs et de stimulation de la fermentation alcoolique.

Les bananes ("Dole", "Chiquita", "Equateur") acquises ont été analysées en termes de teneur totale en sucre, et la variété «Dole» qui à la teneur la plus élevée de sucre a été choisie. Les bananes très mûres choisies ne présenté aucune trace de fermentation et moisissure (type 8) (Figure 1) [6].

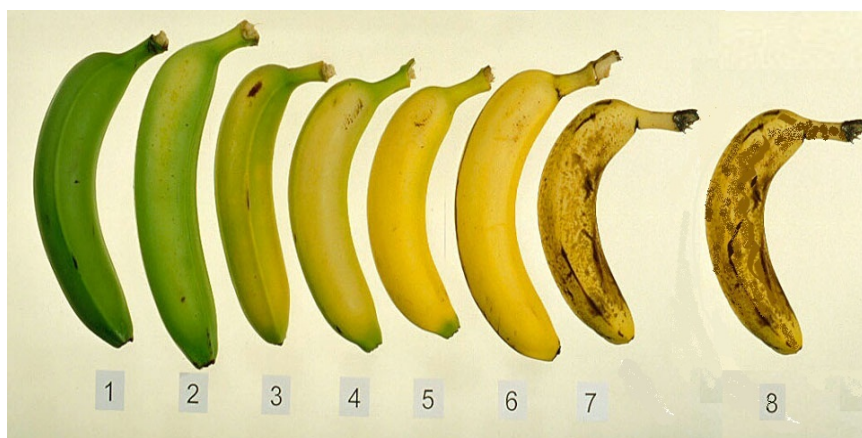


Figure 1. Les stades de maturation des bananes
(1- bananes vertes, 8- bananes trop mûrs)

Dans le Tableau 1 est présentée la composition chimique de la variété de banane « Dole ».

Tableau 1. La composition chimique de la variété banane « Dole »

Composition chimique	Banana "Dole" (sans peau)	
	% le produit	% sécher
Eau	76,74	-
Matière sèche	23,26	-
Protéine	1,78	7,66
Hydrates de carbone	13,14	56,49
Lipides	0,38	1,64
Frêne	0,90	3,88

La pâte utilisée comme milieu de fermentation est le mélange de: pulpe de banane, eau, sucre et levures de fermentation alcoolique avec / sans suppléments pour stimuler la fermentation.

Les levures (*Saccharomyces*) utilisées dans le processus de fermentation sont représentés par une souche de fermentation spontanée, une souche disponible dans le commerce (*Saccharomyces cerevisiae*) et deux souches sélectionnées (*Saccharomyces ellipsoideus*, *Saccharomyces oviformis*).

Comme suppléments nutritives et stimulateurs de la fermentation alcoolique ont été utilisés: un autolysat de levure, des germes de blé et un tanin alimentaire.

L'autolysat de levure été utilisé à deux doses : 0,5 et 1 %. L'autolysat de levure est riche en vitamines (vitamines du complexe B) et d'autres nutriments, tels que les acides aminés. L'autolysat de levure a été préparé à partir des parties égales de levure et d'eau, suivi par thermorégulation à 25°C pendant 48 heures, puis soumis à l'ébullition, neutralisé, filtré et stérilisé par autoclavage.

Les germes de blé sont utilisés à une concentration de 1%. Ils sont riches en : minéraux (valeurs exprimées pour 100 g: 1050 mg P, 342 mg Mg, 71 mg Ca), vitamines (A, B, E, K, D, PP), enzymes et certains hormones végétaux, qui ont des effets thérapeutiques extraordinaires. Le tanin alimentaire (extrait à partir de copeaux de chêne) est ajouté à un taux de 1% et a le rôle de stimuler la fermentation et accroître la stabilité des composants de saveur, le goût et la couleur [7].

Tous les milieux de travail contiennent : 30 % pâte de banane, 20 % sucre, eau, 10 % levure, les différences entre les variantes sont données par la nature de la levure et des suppléments de stimulation de la fermentation (0,5-1% autolysat de levure, 1% tanin alimentaire ou 1% germe de blé). Dans le Tableau 2 sont présentées les variantes de travail testées.

Tableau 2. Variantes de travail

Version 1	Version 2	Version 3
30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. cerevisiae</i>	30 % pâte de banane 20% sucre eau 10 % levure <i>S. ellipsoideus</i>	30% pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. oviformis</i>
Version 4	Version 5	Version 6
30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. cerevisiae</i> +0,5 % autolysat de levure	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. ellipsoideus</i> +0,5 % autolysat de levure	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. oviformis</i> + 0,5 % autolysat de levure
Version 7	Version 8	Version 9
30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. cerevisiae</i> + 1 % autolysat de levure	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. ellipsoideus</i> + 1 % autolysat de levure	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. oviformis</i> + 1 % autolysat de levure
Version 10	Version 11	Version 12
30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. cerevisiae</i> +1 % tanin alimentaire	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. ellipsoideus</i> +1 % tanin alimentaire	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. oviformis</i> +1 % tanin alimentaire
Version 13	Version 14	Version 15
30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. cerevisiae</i> +1 % germe de blé	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. ellipsoideus</i> +1 % germe de blé	30 % pâte de banane 20 % sucre eau 10 % levure <i>S. oviformis</i> + 1 % germe de blé

Méthodes d'analyse utilisées sont:

- Méthodes physico-chimiques d'analyse des bananes (matière première):
 - détermination du contenu en glucides totaux;
 - détermination de l'humidité avec la thermo-balance;
 - détermination du contenu en protéines;
 - détermination du contenu en lipides;
 - détermination de l'acidité totale.
- Méthodes chimiques d'analyse du bioéthanol:
 - détermination du contenu en alcool éthylique par la méthode ébulliométrique (en utilisant l'ébulliomètre Dujardin - Salleron) et picnométrique.

Le processus adopté pour la fabrication de bioéthanol est présenté dans la Figure 2.

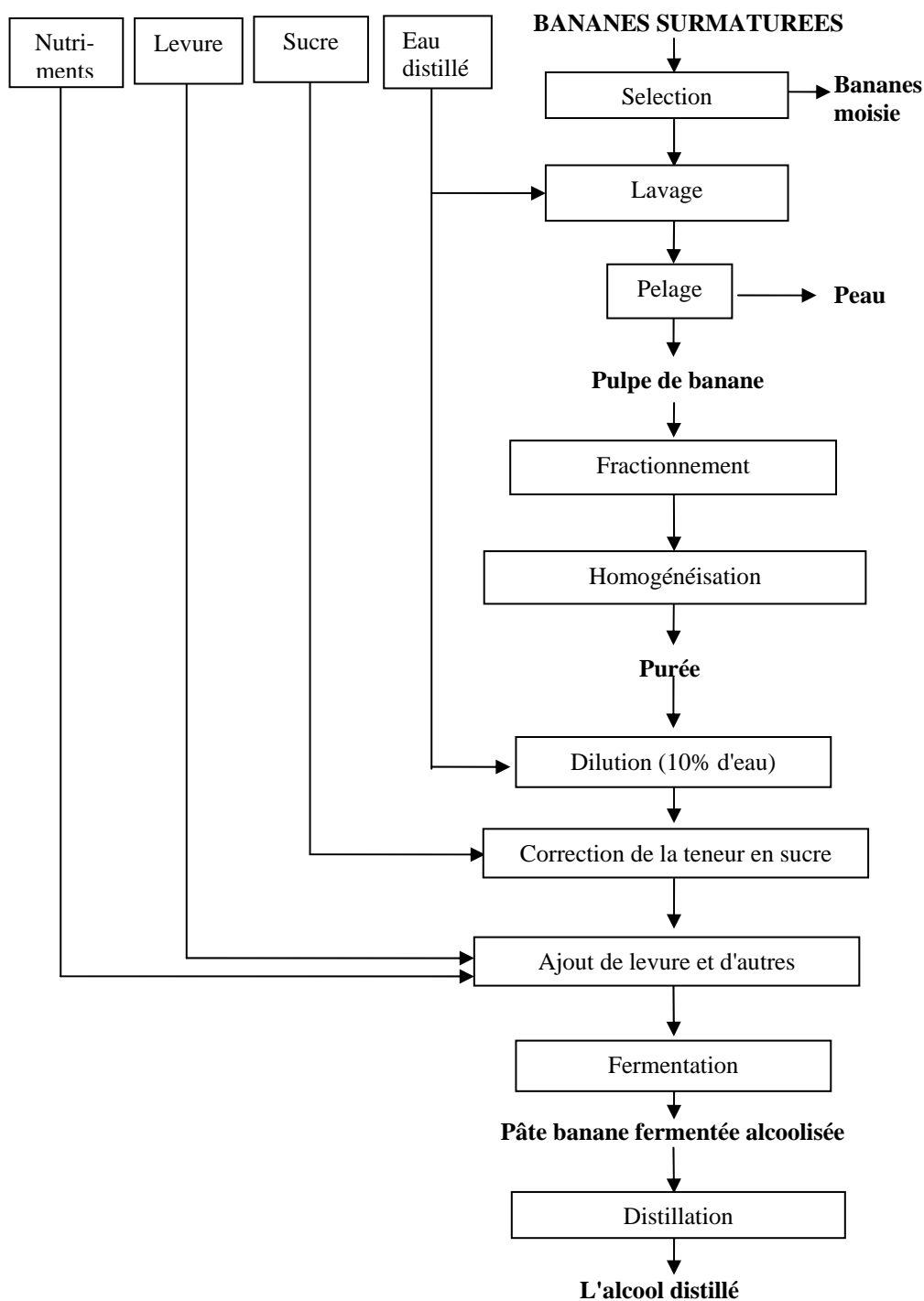


Figure 2. *Processus de fabrication du bioéthanol à partir de bananes trop mûres*

Le rendement pratique de fermentation représente la quantité d'alcool obtenu par fermentation (g), rapportée à la quantité de sucre du milieu de fermentation (g) (la densité d'alcool est de $0,793 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Le rendement théorique de fermentation représente la quantité maximale d'éthanol obtenue de 100 g sucre, et selon Pasteur, celle-ci est de 48,6 g alcool. Le rendement de fermentation a été calculé d'après la formule: (rendement pratique/ rendement théorique) x 100.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'étude réalisée se réfère à la fermentation des bananes trop mûres, qui ne peuvent plus être consommées, pour obtenir du bioéthanol. Après avoir trié, lavé et pelé les bananes, nous avons obtenu un échantillon moyen de pulpe de bananes (variété « Dole », dont le contenu en sucre a été de 13%) qui a été utilisé (en proportion de 30%) pour la préparation des milieux de fermentation en plusieurs variantes, avec l'ajout d'eau et de sucre (jusqu'à 35% sucre). La variable est représentée par l'ajout d'éléments nutritifs – bio-stimulateurs de la fermentation (autolysat de levure, germes de blé et tanin alimentaire) et par la nature de la levure utilisée comme agent de fermentation: *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces oviformis* ou *Saccharomyces ellipsoideus*.

La recherche a visé d'établir un choix optimal de variante de travail pour obtenir la meilleure bioconversion des glucides des bananes en éthanol. Dans ce but, 15 variantes de travail (voir le Tableau 2) ont été préparées pour déterminer le pouvoir de fermentation de 3 espèces de *Saccharomyces*. Les milieux, répartis en quantités d'un litre dans des conteneurs de fermentation (en verre) prévues avec des soupapes de fermentation, content toutes pâte de banane, sucre, eau (dans les mêmes proportions) est ont été semés avec 10% levure en suspension de 4×10^6 cellules·mL⁻¹ (obtenues en 24 heures à la température de 30° C, dans les mêmes milieux de fermentation comme ceux de travail). Suite à la fermentation et à l'éclaircissement des échantillons, nous avons déterminé la teneur en alcool qui dans certaines variantes (avec *Saccharomyces oviformis*, *Saccharomyces ellipsoideus*) a atteint des limites de 18 ÷ 18,5% alcool (Tableau 3).

Tableau 3. Teneur en alcool des variantes de travail, déterminée par la méthode ébulliométrique

Variante de travail	Inoculum utilise	Facteurs nutritifs utilises	Contenu en alcool, % vol.	Rendement pratique de fermentation, %	Rendement de fermentation, %
V1	10 % levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	échantillon de référence	11	26	53,5
V4		0,5% autolyse de levure	15	35	72
V7		1 % autolyse de levure	14	33	68
V10		1 % germes de blé	14,5	34	70
V13		1 % tanin alimentaire	13	30	62
V2	10 % levure <i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	échantillon de référence	12	28	58
V5		0,5% autolyse de levure	16	37	76
V8		1 % autolyse de levure	17	40	82
V11		1 % germes de blé	18	42	86,4
V14		1 % tanin alimentaire	15	35	72
V3	10 % levure <i>Saccharomyces oviformis</i>	échantillon de référence	12,5	29	60
V6		0,5% autolyse de levure	17	40	82
V9		1 % autolyse de levure	18,5	43	88,5
V12		1 % germes de blé	17	40	82
V15		1 % tanin alimentaire	14	33	68

Indépendamment du type de levure utilisée, toutes les variantes de travail avec ajout de facteurs nutritifs ont permis l'obtention des quantités supérieures d'alcool en comparaison avec le blanc.

Pour les variantes de travail inoculées avec *Saccharomyces cerevisiae*, l'ajout de 0,5% d'autolyse de levure (V4) a conduit à l'obtention de la meilleure concentration en alcool (15%) et du meilleur rendement de fermentation (72%). Contrairement aux attentes l'augmentation à 1% d'autolyse de levure (V7) n'a pas conduit à l'augmentation du contenu en alcool (14%). L'ajout de 1% germes de blé (V10) a conduit à l'obtention des concentrations d'alcool (14,5%) similaires aux ceux obtenus avec 0,5% d'autolyse de levure.

La levure *Saccharomyces ellipsoideus* a eu besoin d'un ajout 1% germes de blé (V11) pour donner le meilleur contenu en alcool (18%), avec un rendement de fermentation de 86,4%.

Dans le cas de la levure *Saccharomyces oviformis* le contenu en alcool le plus important (18,5%) et un rendement de fermentation de 88,5% a été obtenu dans le milieu avec un ajout de 1% autolyse de levure (V9). Des bons résultats ont été obtenus aussi dans les milieux avec 1% germes de blé (V12) et celui avec 0,5% autolyse de levure (V6), contenu d'alcool étant de 17%.

Une conversion supérieure à 80% a été atteinte avec des espèces *Saccharomyces ellipsoideus* et *Saccharomyces oviformis* en présence 1% germe de blé ou autolysat de levure et de variantes complétées par de 1% et 0,5%, 1% autolyse des levures ou 1% germe de blé respectivement. Le meilleur rendement de fermentation est obtenu avec la variante de travail V9 (88,6%).

CONCLUSIONS

En comparant les différentes variantes de travail nous avons constaté que l'utilisation des souches de levures sélectionnées *Saccharomyces oviformis* ou *Saccharomyces ellipsoideus*, apporte un contenu en alcool plus haut que dans la variante avec *Saccharomyces cerevisiae*.

Toutes les variantes de travail avec ajout de facteurs nutritifs ont permis l'obtention des quantités supérieures d'alcool en comparaison avec le blanc. Ainsi l'utilisation des autolyses de levures grâce à leurs apports supplémentaires en acides aminés a permis aux levures d'utiliser les amines de l'autolyse comme source d'azote et carbone, ce qui a mené à une quantité supérieure du sucre disponible à la fermentation dans le milieu de travail.

Les meilleurs résultats en ce qui concerne le contenu d'alcool 18,5% et 18% ont été enregistrés dans les variantes V9 (*S. ellipsoideus*, 1% germes de blé) et V11 (*S. oviformis*, 1% autolyse de levure), respectivement.

Les meilleurs résultats seront utilisés dans des recherches ultérieures pour obtenir des distillats qui à leur tour pourront être utilisés pour préparer des boissons alcoolisées (alcools, cocktails).

RÉFÉRENCES

1. Banu, C. (coordinator) : *Treaty for the food - food technology*, ASAB Publishing, Bucharest, **2009**;
2. Hossain, A.B.M.S., Ahmed, S.A., Alshammari, A.M., Adnan, F.M.A., Annuar, M.S.M., Mustafa, H., Hammad, N. : Bioethanol fuel production from rotten banana as an environmental waste management and sustainable energy, *African Journal of Microbiology Research*, **2011**, 5 (6), 586-598;
3. Banu, C. (coordinator) : *Bioalcohol - fuel of the future*, AGIR Publishing, Bucharest, **2006**;
4. Modoran, D.: *Alcohol exquisite processing technology*, Academic press Publishing, Cluj, **2005**;
5. Velásquez-Arredondo, H.I., Ruiz-Colorado, A.A., De Oliveira, S. : Ethanol production process from banana fruit and its lignocellulosic residues: Energy analysis, *Energy*, **2010**, 35 (7), 3081 – 3087;
6. Guylene, A., Parfaitb, B., Fahrasmaneb, L., Bananas, raw materials for making processed food products, *Trends in Food Science & Technology*, **2009**, 20, 78-91;
7. Oancea, I., Voiculescu, L., Manea, I. : Etude sur l'efficacité croissance dans la production d'alcool, *Analele Universitatii Craiova*, **2001**, V(XLI), 683-686.