

LA MACROALGUE VERTE *Ulva* sp. POUR LA PRODUCTION DU BIOÉTHANOL: OPTIMISATION ET CARACTÉRISATION

Leila CHEBIL AJJABI* et Saloua SADOK

Laboratoire de Biodiversité et Biotechnologie marines, INSTM, centre La goulette, port de Pêche 2060, Tunis, TUNISIE

*email:leila.chebil@instm.rnrt.tn ; salwa.sadok@instm.rnrt.tn

ABSTRACT

Under laboratory conditions, we studied the bioethanol production opportunities from the green macroalgae *Ulva* sp. by anaerobic fermentation using the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and proceeded by an acid or enzymatic pretreatment. Whatever the yeast concentration, the contents of bioethanol recorded were highest after 24 hours of fermentation. The enzymatic saccharification driving on algal extracts has not improved the bioethanol production. *Ulva* sp. can serve as a substrate for fermentation bioethanol production simply preceded by acid hydrolysis.

RESUME

Dans les conditions de laboratoire, on a étudié les possibilités de production de bioéthanol à partir de la macroalgue verte *Ulva* sp. par fermentation anaérobie en utilisant la levure *Saccharomyces cerevisiae* et précédé soit par un prétraitement acide soit enzymatique. Quel que soit la concentration en levure, les teneurs en bioéthanol enregistrées ont été maximales après 24 h de fermentation. La saccharification enzymatique conduite sur les extraits algaux n'a pas amélioré la production en bioéthanol. *Ulva* sp. pourrait servir de substrat pour la production de bioéthanol par fermentation précédé simplement par une hydrolyse acide.

INTRODUCTION

Compte tenu de l'épuisement des combustibles fossiles et leurs impacts sur le réchauffement climatique, il est indispensable de développer des combustibles propres tels que le bioéthanol, le biodiesel et les gaz biologiques ; la biomasse algale suscite depuis peu un regain d'intérêt et se révèle une solution de rechange écologique aux combustibles fossiles usuels. Ce nouveau concept visant à utiliser les algues comme source renouvelable d'énergie date de la fin des années 1950 et a pris de l'importance avec la crise pétrolière des années 1970. Pendant les trois dernières décennies, des recherches avancées ont été menées sur la production de biocarburants à partir des algues permettant ainsi la réduction des émissions de dioxyde de carbone par rapport aux autres combustibles fossiles (Brennan & Owende 2010). Ceci a offert aux algues marines un nouvel intérêt commercial en plus de l'intérêt cosmétique pharmaceutique et alimentaire, comme étant une source renouvelable de biomasse pour la production de biocarburant de deuxième génération et une alternative aux combustibles fossiles.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage et préparation de l'extrait algal:

Collecte de la macroalgue verte *Ulva* sp. au niveau du lac de Tunis suivi d'un lavage et séchage des thalles au laboratoire. L'algue séchée a été finement broyée et utilisée dans la préparation de l'extrait algal selon le protocole décrit par Horn, 2000.

Production de bioéthanol par fermentation :

Le processus de production de bioéthanol par fermentation alcoolique est précédé d'une étape d'hydrolyse soit acide soit enzymatique.

-Prétraitement par hydrolyse acide :

L'extrait algal a été préparé à partir d'algue séchée, broyée et additionnée d'eau de robinet. Après ajustement du pH à 2, la solution algale a été incubée pendant une heure à 65°C et suivie de nouveau d'un ajustement du pH à 4. Enfin, la solution a été filtrée (0,63µm) pour récupérer le filtrat pour servir d'extrait algal.

-Prétraitement par hydrolyse enzymatique :

L'algue sèche dans un tampon citrate (0,05M) a été stérilisée. Une fois refroidie, le mélange a été additionné d'une culture brute d'*Aspergillus niger* (FPU Cellulase 0,56 U/ml). La suspension a été incubée à 50°C pendant 72 heures avec un pH 5. Après centrifugation, le surnageant a été prélevé pour être utilisé dans les essais de fermentation.

-Essais de fermentation alcoolique :

Les essais de fermentation ont intéressé les substrats issus séparément des différents prétraitements et ceci afin d'évaluer l'effet du prétraitement. Des volumes de substrat constants ont été prélevés et stérilisés. La levure *Saccharomyces cerevisiae* a été utilisée pour la fermentation alcoolique. En effet, dans le but de déterminer la concentration optimale de levure assurant une production maximale de bioéthanol, différentes concentrations en levure (80, 100, 120 et 150g/l) ont été testées.

RESULTATS ET DISCUSSION

➤ La fermentation anaérobie de l'extrait algal d'*Ulva* sp. précédée d'une hydrolyse acide ou

enzymatique, a abouti à des teneurs en bioéthanol de 19,3 et 20,8g/l relativement plus importantes par rapport à d'autres espèces d'algue et même au canne à sucre (Lee et al., 2011 ; Sridevi et al., 2015) (Tab.I).

Tableau I : Comparaison des teneurs d'éthanol obtenues dans le présent travail par rapport à celles trouvées dans d'autres travaux

Espèces	Prétraitement	Hydrolyse enzymatique	Hydrolyse acide	Microorganisme	Production d'éthanol	Références
<i>L.japonica</i>	Acide sulfurique		-	<i>S.cerevicea</i> + <i>E.coli</i> KO11	25,8g/l	Kim et al. (2011)
<i>L.japonica</i>	-		-	μorg isolé par <i>L.japonica</i>	2g/l	Lee et al. (2011)
<i>Gelidium elegans</i>	Acide citrique	Meicelase (<i>Trichoderma viride</i>)	-	<i>S. cerevisiae</i>	18,4	Mitsunori et al. (2011)
<i>Alaria crassifolia</i>					25,5 g/l	
<i>Ulva pertusa</i>					18,5 g/l	
Canne à sucre	Alcalin (Naoh)	Cellulase (<i>Aspergillus niger</i>)	-	<i>S.cerevisiae</i>	7,1 g/l	Sridevi et al (2015)
	Oxydatif (H ₂ O ₂)				7,9 g/l	
<i>Ulva</i> sp.	Alcalin (Naoh)	Cellulase (<i>Aspergillus niger</i>)	-	<i>S.cerevisiae</i>	19,3 g/l	Présent travail
<i>Ulva</i> sp.	-				HCl	

➤ Dans les différents essais de fermentation, quelque soit la concentration en levure utilisée (80, 100, 120 ou 150 g/l) les teneurs en bioéthanol enregistrées ont été maximales après 24 h (Fig.1). Elles ont été, respectivement, de 13,36; 16,44; 20,75 et 24,49g/l d'extrait algal qui a subi seulement une hydrolyse acide.

➤ La saccharification enzymatique conduite sur les extraits algaux n'a pas amélioré la production

en bioéthanol. Avec les deux concentrations de levures (100 et 120g/l) testées pour la fermentation des extraits algaux qui ont subi une saccharification enzymatique, les teneurs en bioéthanol ont varié de 18,8 à 19,32 g/l (Fig.2). Pour une même concentration de levure (120g/l), les teneurs en bioéthanol sont de 19,32 g/l et 20,8 g/l obtenues respectivement dans les extraits algaux qui ont subi séparément une saccharification enzymatique et une hydrolyse acide.

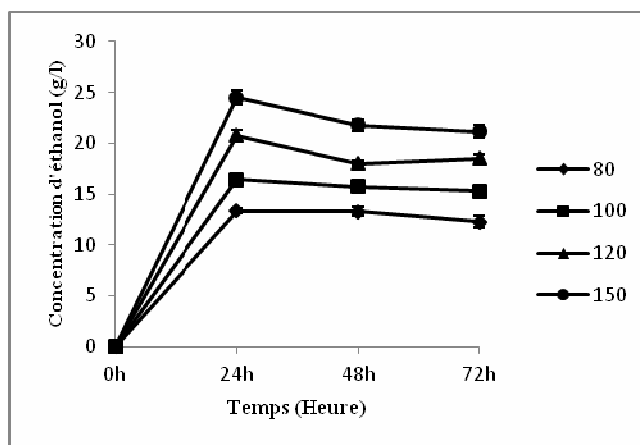


Figure 1 : Evolution de la production de bioéthanol après prétraitement acide en fonction de la concentration en levures (80, 100, 120 et 150g/l) au cours du temps

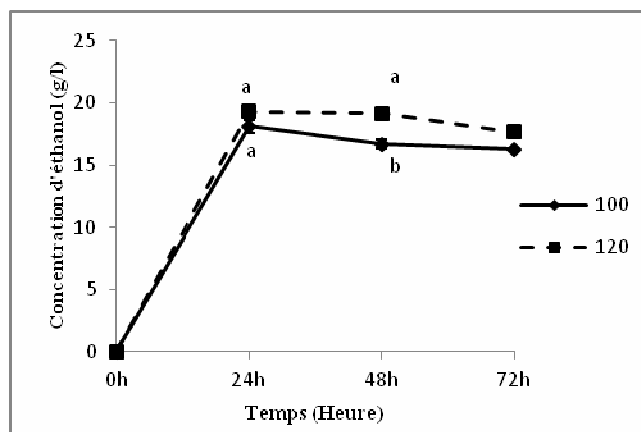


Figure 2. Evolution de la production de bioéthanol après saccharification enzymatique en fonction des différentes concentrations en levures (100g/l et 120g/l) au cours du temps. *Les lettres différentes indiquent des différences significatives au seuil de signification de 5% (Test de Duncan).*

CONCLUSION

La macroalgue *Ulva* sp. pourrait servir de substrat pour la production de bioéthanol par fermentation précédée simplement d'une hydrolyse acide. En conséquence, du fait de sa richesse en hydrates de carbone, cette espèce semble être appropriée pour produire le bioéthanol.

REMERCIEMENT

Ce travail a été mené dans le cadre du projet transfrontalier BIOVecQ PS1.3_08 co-financé par l'UE.

BIBLIOGRAPHIE

BRENNAN L., OWENDE PH. (2010). Biofuels from microalgae- A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renew. Sustain. Energy* . 14: 557–577.

HORN S.J. (2000). *Bioenergy from brown seaweeds*. Thèse Doct. Univ. Norvège: 83pp.

KIM N.J., LI H., JUNG K., CHANG H.N., CHEON LEE P. (2011). Ethanol production from marine algal hydrolysates using *Escherichia coli* KO11. *Bio. Tech.* 102: 7466-7469.

LEE J.S., LEE J.P., LEE J.H., PARK S.C.(2011). Status and perspectives on bioenergy in Korea. *Renew. Sustain. Energy*, 15:4884-4890.

ITSUNORI Y., KANAMI N., OSAMU A., KIYOHICO N. (2011). Production of high concentrations of bioethanol from seaweeds that contain easily hydrolysable polysaccharides. *Process. Biochem.* 46: 2111-2116.

SRIDEVI A., NARASIMHA G.,RAMANJANEYULU G., DILEPKUMAR K., RAJASEKHAR REDDY B., SUVARNALATHA DEVI P. (2015). Saccharification of pretreated sawdust by *Aspergillus niger* cellulose. *3 Biotech.* 5:883–892.