

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE CONSTANTINE 3**



**FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES**  
**DEPARTEMENT DE GENIE PHARMACEUTIQUE**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

**Mémoire de Master**

**Filière : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie pharmaceutique**

**Production de bioéthanol et substances  
bioactives par fermentation en milieu solide**

Dirigé par :

**Mme BOUSHABA Rihab**

Grade : **Professeur**

Présenté par :

**KHEBBAB Rami Aymen**

**LATRECHE Mohamed El Mehdi Mouatez**

**DENECHÉ Mohamed Chaker**

Année Universitaire 2022/2023

Session : juin

# TABLE DE MATIERES

Introduction générale :	.....
Chapitre I : Fermentation en milieu solide (FMS)	.....
I.1 Définition de la fermentation en milieu solide (FMS)	.....
I.2 Avantages et inconvénients de la FMS	.....
I.3 Histoire et application de la FMS	.....
I.4 Intérêt de la FMS pour le secteur pharmaceutique	.....
I.5 Facteurs et paramètres qui influent sur la fermentation en milieu solide (FMS)	.....
I.6 Techniques de suivi des procédés de FMS	.....
Chapitre II : Substrats, Microorganismes et Produits de la FMS	.....
II.1 Substrat	.....
II.2 Microorganismes utilisés en FMS	.....
II.2.1 Levures	.....
II.2.2 Moisissures	.....
II.3 Produits de la FMS	.....
II.3.1 Enzymes	.....
II.3.2 Acides organiques	.....
II.3.3 Métabolites secondaires	.....
II.3.4 Biocarburants	.....
II.3.5 Agents de Biocontrôle	.....
Chapitre III : Conception de bioréacteurs de la FMS	.....
III.1 Conception de bioréacteurs de fermentation milieu solide	.....
III.2 Types de bioréacteurs	.....
III.3 Configuration de bioréacteurs de FMS	.....
Chapitre IV : Matériels et méthodes	.....
IV.1 Rappel de l'objectif	.....
IV.2 Matériels utilisés	.....
IV.2.1 Appareillage et verrerie	.....
IV.2.2 Produits chimiques et réactifs	.....
IV.3 Substrats utilisés: Pelures de betteraves ( <i>Beta vulgaris</i> )	.....
IV.3.1 Molécules bioactives présentes dans <i>Beta vulgaris</i>	.....
IV.3.2 Méthode de collecte et de préparation du substrat	.....
IV.3.3 Préparation des pelures de betterave	.....
IV.4 Microorganismes et milieu de culture utilisés pour la FMS	.....

IV.4.1	Préparation de l'inoculum (activation de la levure)	.....
IV.4.2	Milieu de culture	.....
IV.5	Estimation de la concentration de la biomasse (levures)	.....
IV.6	Tests de fermentation	.....
IV.6.1	Technique d'analyse	.....
Chapitre V	: Résultats et discussion	.....
V.1	Courbes d'étalonnage	.....
V.1.1	Groupes phénoliques totaux	.....
V.1.2	Sucres totaux	.....
V.1.3	Activité anti-oxydante	.....
V.2	Caractérisation du substrat	.....
V.3	Caractérisation de l'inoculum	.....
V.3.1	Estimation de la concentration et la viabilité de l'inoculum	.....
V.3.2	Observation microscopique des cellules	.....
V.4	Résultats des tests de fermentation en milieu solide	.....
V.4.1	Mise en évidence de la fermentation	.....
V.5	Caractérisation des extraits de fermentation	.....
V.5.1	Changement de groupes phénoliques totaux	.....
V.5.2	Changement de l'activité antioxydante	.....
V.5.3	Mise en évidence de la présence d'éthanol par FTIR	.....
V.6	Exploration des effets de quelques paramètres opératoires	.....
V.6.1	Effet de la granulométrie du substrat	.....
V.7	Effet de la source d'azote	.....
	Conclusion générale	.....
	Référence	.....
	Annexe 1 : Résultats bruts de groupes phénoliques	.....
	Annexe 2 : Résultats de sucres totaux	.....
	Annexe 3 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction de la concentration des extraits fermentés	.....
	Résumé	.....

**Résumé :**

L'objectif de cette étude est d'explorer les potentialités de la fermentation en milieu solide (FMS) pour la production de bioactifs et bioéthanol selon une démarche de bioraffinerie. Le substrat utilisé dans ce travail est la pelure de betterave (*Beta vulgaris*) qui est un aliment connu pour ses multiples bienfaits pour la santé. Des essais de FMS par la levure *Saccharomyces cerevisiae* ont été réalisés en variant les facteurs suivants : la taille des particules du substrat broyé, la source d'azote et la concentration de l'inoculum. Les paramètres suivis étaient : le pH, les sucres totaux, la biomasse, les groupes phénoliques totaux et l'activité antioxydante des extraits de fermentation. Les extraits de fermentation ont aussi été analysés par FTIR pour la mise en évidence du bioéthanol.

**Mots clés :** Fermentation en milieu solide (FMS) ; bioactifs ; *Saccharomyces cerevisiae* ; *Beta vulgaris* ; Activité anti-oxydante ; IRTIF

**Abstract:**

The objective of this study is to explore the potential of solid state fermentation (SSF) for bioactive and bioethanol production using a biorefinery approach. The substrate used in this work is beet peel (*Beta vulgaris*) which is a food known for its multiple health benefits. Tests of FMS by the yeast *Saccharomyces cerevisiae* were carried out by varying the following factors: particle size of the ground substrate, source of nitrogen and inoculum concentration. Endpoints were pH, total sugars, biomass, total phenolic groups, and antioxidant activity of fermentation extracts. The fermentation extracts were also analysed by FTIR for the detection of bioethanol.

**Keywords:** Solid state fermentation (SSF); Bioactives; *Saccharomyces cerevisiae*; *Beta vulgaris*; Anti-oxidant activity; FTIR

## خلاصة :

الهدف من هذه الدراسة هو استكشاف إمكانات تخمير الحالة الصلبة (SSF) لإنتاج الإيثانول الحيوي والإيثانول باستخدام نهج التكرير الحيوي. الركيزة المستخدمة في هذا العمل هي قشر البنجر (*Beta vulgaris*) وهو طعام معروف بفوائده الصحية المتعددة. تم إجراء اختبارات FMS بواسطة الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* عن طريق تغيير العوامل التالية: حجم الجسيمات في الركيزة الأرضية، ومصدر النيتروجين وتركيز اللقاح. كانت نقاط النهاية هي الأس الهيدروجيني، والسكريات الإجمالية، والكتلة الحيوية، والمجموعات الفينولية الإجمالية، والنشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات التخمير. كما تم تحليل مستخلصات التخمير بواسطة FTIR للكشف عن الإيثانول الحيوي.

الكلمات الرئيسية: تخمير الحالة الصلبة (SSF)؛ المواد البيولوجية؛ *Saccharomyces cerevisiae*؛ بيثافولغاريس؛ النشاط المضاد للأكسدة؛ FTIR