الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Ferhat Abbas – Sétif 1
Faculté des sciences de la
Nature et de la vie

جامعة فرحات عباس سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Université Ferhat Abbas Sétif 1

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE

N°……./SNV/2025

MEMOIRE

Présenté par :

MERZOUKI Lina

MESSAOUDI Seryne

TOUAHRA Asma

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Biologie

Spécialité : Microbiologie et Contrôle de la Qualité

Thème :

Enzymes fongiques d'intérêt industriel

Soutenue publiquement le : 22/06/2025

Devant le Jury

Présidente	**Mme**. DJELLEL Nadjiha	MC UFA Sétif 1
Promotrice	**Mme**. KAABOUR Faiza	MC UFA Sétif 1
Examinatrice	**Mme**. SAIDI Samira	MC UFA Sétif 1

Année Universitaire: 2024/2025

Remerciement

Grâce à Dieu, nous avons pu mener à bien ce travail.

Nous exprimons toute notre gratitude à **Madame KAABOUR Faiza**, notre encadrant, pour son soutien constant, ses conseils précieux et sa patience durant tout ce projet.

Nous remercions sincèrement **Madame SAIDI Samira** et **Madame DJELLEL Nadjiha**, membres du jury, pour le temps qu'elles ont consacré à la lecture et à l'évaluation de notre mémoire.

Cette expérience nous a permis de grandir et de mieux comprendre notre domaine, grâce à votre accompagnement et à votre soutien.

إهداء

وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِين

الحمد لله ماتناهى دربٌ ولا ختم جهدٌ ولا تم سعيٌ إلا بفضله ، الحمد لله على البلوغ ثم الحمد لله على التمام....

أشكر لله أولا ثم عائلتي على دعمهم وتشجيعهم الدائم لي إلى من كان وجودهم سببًا في كل لحظة صبر وكل خطوة نجاح.

إلى أمّي، سِرُّ الدُّعاء، مَن عَلَّمَتني أنَّ العِلمَ لا يُثمِرُ إلّا إذا سُقِيَ بالنِّيةِ الصّادِقة **وإلى أبي** من زرعُ الثّقةِ في قلبي، السَّنَدُ الَّذِي لا يَمِيل، وَالظِّلُّ الَّذِي لا يَزُول، هو القوّةُ فِي الضَّعف، وَالثَّبَاتُ فِي كُلّ مِحْنَة

(**وَقُل رَّبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا**)

إلى **أختي** التي تشاركني عمري هند، و**زوجها** الذي صار منّا وفينا حسام ,

وأسرتكما الصغيرة الجميلة... بين الكلمات الطيبة والدعوات الصادقة، كان حضوركم في حياتي نعمة. تخرّجي اليوم لا يكتمل دون أن أقدّم جزءًا من فرحتي لكم، لأنكم كنتم دومًا جزءًا من الطريق.

إلى **أخي** العزيز آدم، كنت دائمًا السند و الصديق، ورفيق الدرب الذي لا يخيب

الى عائلة أمي من جدتي العزيزة الى أصغر فرد بينهم، لكم جميعا أصدق الحب والشكر على دعمكم ووجودكم في حياتي

"إلى طلبة غزة، شموع العلم رغم العتمة، أهدي تخرجي فخرًا وإجلالًا لصمودكم."

الى من كانو خلال السنين العجاف سحابا ممطرا .. صديقاتي الجميلات

إلى رفيقة الرحلة، شكراً لوجودك في كل خطوة

لينا

إهداء

بسم الله الذي علّمني ما لم أكن أعلم، والحمد لله الذي أتمّ نعمته عليّ وبلغني هذه اللحظة المنتظرة.

اليوم، أقف وأنا أحمل بين يديّ ثمار أعوامٍ من السعي... ليالٍ سهرت، وأيامٍ مضت بين تعبٍ وأمل .خذلتني لحظات، لكن الله ما خذلني.

تأخرت أحلامي أحيانًا، لكنها ما ضاعت، وصلتُ وإن تأخر الوصول، لكني وصلت، بفضل الله أولًا وأخيرًا.

أما بعد، أُهدي هذا العمل إلى:

إلى من اقترن اسمي عِزًا باسمه، إلى من غرس في داخلي القوة لأبحر في هذه الحياة، ها أنا أهدي تخرجي لبطل ابنته، أبي حبيبي وصديقي، حفظك الله يا روح ابنتك.

إلى تلك التي تسير معي دائمًا إلى أن أصل، ثم تحيطني بدعواتها، إلى مصدر الأمان في حياتي، نور عيني، وحظي الجميل في هذه الحياة، إلى أمي.

إلى من احتوت أحلامي وآمالي، وكانت لي سندًا حين تعثّرت خطواتي، من كان قلبها لي وطنًا، وعيناها لي ملجأ،أختي وحبيبتي نسرين، دمتِ لي سندًا وعونًا وأملًا.

إلى توأمي الذي شاركني أول أنفاس حياتي،من ساندني بكل حب عند ضعفي إلى من شدّ الله به أزري، فكان خير معين، سندي وعزوتي، أخي أسامة.

إلى جدتي الغالية "قمير"، التي كنت أحلم أن تشهد فرحتي في هذا اليوم،تُبارك لي بفرحها ودعواتها، رحلتِ بجسدك، لكن حبك ودعواتك ما زالت ترافقني، رحمك الله يا فقيدتي.

إلى أولئك الذين رسموا أحلامهم على جدران الجامعات، وحملوا دفاترهم في طريقهم إلى الشهادة، إلى طلبة غزة الجامعيين الذين رحلوا قبل أن تكتمل الحكاية، سلامًا على أرواحكم الطاهرة.

إلى من شاركوني خطوات هذا الطريق، من تعب و سهر إلى رفيقة الرحلة:لينا

أسماء

إهداء

الى من كان لي السند, القدوة و الداعم الاول في كل خطوة بابا الغالي

الى العزيز الدي حملت اسمه فخرا و من كلله الله بالهيبة و الوقار و من حصد الاشواك عن دربي و زرع ليا الراحة, الى حبيبي ابي الدي كان لي الاب و الصديق و المعلم , كل لحظة تعب قضيتها في الدراسة كانت انعكاسا لسنوات من تضحياتك و تعبك فشكرا لكونك ابي كل لحظة في هدا الانجاز كتبت باسمك

اهديك هدا التخرج فهو تاج على راسك هدا نجاحك كما هو نجاحي و فرحتك كما هي فرحتي .

الى من كانت دعواتها حصني في كل طريقي ماما

الى اليد الخفية التي ازالت عني العقبات و من ضلت دعواتها تحمل اسمي . هدا التخرج هو ثمرة تعبك و سهرك و دعاءك فلك كل الشكر

إلى من كانت الحضن الدافئ، والدعاء الصادق ميمتي

.شكرًا لكِ على كل حب، وكل تضحية، وكل دعاء

الى من وهبني الله نعمة وجودهم و جدار قلبي المتين اكرم ,لبنى و مريم

نانا الغالية تخرجت اليوم و قلبي يفتقدك ,رحمك الله و جعل مثواك الجنة

انتم الفضل بعد الله فيما وصلت اليه فلكم حبي و امتناني

ها انا اليوم طويت صفحة من التعب لم اعد اتسائل عن ملامح الوصول فقد رايتها في عيوني

وهاهي الخطى التي كانت تتعثر احيانا وجدت مستقرها في قمة الانجاز فتلاشت غيوم التعب الحمد لله

سيرين

SOMMAIRE

Résumé I

Abstract II

الملخص III

Liste des abréviations IV

Liste des figures IV

Liste des tableaux IV

Introduction 1

Chapitre 1 : Enzymes fongiques

1. Généralités 3

2. Types d'enzymes fongiques 4

2.1. Enzymes hydrolytiques 4

2.1.1 Cellulases 4

2.1.2 Protéases 4

2.1.3 Les amylases 4

2.2. Enzymes oxydatives 5

2.2.1 Peroxydase 5

2.2.2 Laccase 5

3. Mécanisme d action des enzymes fongique 5

4. **propriétés des enzymes fongiques** 7

Chapitre 2 : Champignons producteurs d'enzymes et techniques de production

1. Champignons producteurs d'enzymes 9

1.1. *Aspergillus* 9

1.2. *Trichoderma* 9

1.3. *Penicillium* 9

2. Méthodes de production 10

2.1. Critères de sélection 10

2.2. Fermentation 10

2.3. Extraction des enzymes 10

2.4. Purification des enzymes 11

Chapitre 3 : Applications industrielles des enzymes fongiques

1. Industrie alimentaire 15
1.1. Panification 15
1.1.1. Amylase 16
1.1.2. Hémicellulases 16
1.2. Fromagerie 16
1.2.1. Lactase 16
1.2.2. Catalase 17
1.2.3. Protéase 17
2. Production de biocarburants 17
2.1. Cellulases 17
2.2. Amylases 17
2.3. Laccases 17
3. Industrie du textile 18
3.1. Blanchiment et dégradation des fibres 18
3.1.1. Laccases 18
3.1.2. Cellulose 18
3.1.3. Amylase 18
4. Industrie pharmaceutique et médicale 18
4.1. Protéase 19
4.2. Alpha-amylase 19
4.3. Cellulase 19
5. Industrie biotechnologie 19
5.1. Bioremédiation et traitement des déchets 19
5.1.1. Laccase 19
5.1.2. Lignine peroxydase 20
Conclusion générale 21

Bibliographie 22

Résumé

Les enzymes fongiques jouent un rôle fondamental dans de nombreuses industries grâce à leurs propriétés catalytiques efficaces et leur stabilité dans des conditions variées. Produites par des champignons filamenteux tels que *Aspergillus niger*, *Trichoderma reesei* et *Penicillium chrysogenum*, ces enzymes sont capables de dégrader des macromolécules complexes. Elles sont largement utilisées dans les secteurs agroalimentaires, pharmaceutique, textile, papetier et des détergents. Parmi les enzymes les plus couramment exploitées figurent les amylases, protéases, cellulases et lipases. Leur utilisation permet d'améliorer la qualité des produits, de réduire l'impact environnemental des procédés et d'optimiser les performances industrielles. Grâce à leur grande diversité et leur efficacité, les enzymes fongiques constituent des outils biotechnologiques de premier plan. Leur production à grande échelle offre des solutions innovantes et durables adaptées aux exigences des industries modernes.

Mots clés : Enzymes fongiques**,** Champignons filamenteux**,** Production industrielle**.**

Abstract

Fungal enzymes play a fundamental role in various industries due to their efficient catalytic properties and stability under diverse conditions. Produced by filamentous fungi such as *Aspergillus niger*, *Trichoderma reesei*, and *Penicillium chrysogenum*, these enzymes can degrade complex macromolecules. They are widely used in the food, pharmaceutical, textile, paper, and detergent industries. Among the most commonly exploited enzymes are amylases, proteases, cellulases, and lipases. Their use improves product quality, reduces the environmental impact of processes, and enhances industrial performance. Due to their high diversity and efficiency, fungal enzymes are key biotechnological tools. Large-scale production offers innovative and sustainable solutions that meet the demands of modern industries.

Keywords: Fungal enzymes**,** Filamentous fungi**,** Industrial production**.**

ملخص

تلعب الإنزيمات الفطرية دورًا أساسيًا في العديد من الصناعات بفضل خصائصها المحفزة الفعالة واستقرارها تحت ظروف متنوعة. يتم إنتاج هذه الإنزيمات بواسطة الفطريات الخيطية مثل *Aspergillus niger* و*Trichoderma reesei* و*Penicillium chrysogenum*، وهي قادرة على تحليل الجزيئات الكبيرة المعقدة. تُستخدم هذه الإنزيمات على نطاق واسع في الصناعات الغذائية، الصيدلانية، النسيجية، الورقية والمنظفات. يعدّ الأميلاز، البروتياز، السيلولاز والليباز من بين الإنزيمات الأكثر استغلالًا. يساهم استخدامها في تحسين جودة المنتجات، وتقليل التأثير البيئي للعمليات، و تعزيز الأداء الصناعي. بفضل تنوعها العالي وكفاءتها، تكتسب الإنزيمات الفطرية أهمية كبيرة كأدوات بيولوجية أساسية. كما أن الإنتاج واسع النطاق يوفر حلولًا مبتكرة ومستدامة تلبي احتياجات الصناعات الحديثة.

الكلمات المفتاحية :الإنزيمات الفطرية، الفطريات الخيطية، الإنتاج الصناعي.