The People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Ferhat Abbas Setif 1
Faculty of Science

Department of Chemistry

Specialty: Physical chemistry

Theme:

Influence of Plasticizers and Natural Active Agents on the Physical and Functional Properties of Biodegradable PHBV-based Blends for Food Packaging Applications

Presented by:

Miss Aya BOUSSOUALIM

Miss Fatima Zahra MANSOURI

Date :23/06/2026

Defence jury:

President	Dr. Ghania GHERNOUS	Univesity Setif 1 Ferhat Abbas
Supervisor	Prof. Souad DJELLALI	Univesity Setif 1 Ferhat Abbas
Examiner	Dr. Samira BENABID	Univesity Setif 1 Ferhat Abbas

Academic Year 2025/2026

Abstract
In this work, biodegradable PHBV-based films were developed for food packaging applications. PHBV was blended with PLA and PCL, while PEG and epoxidized soybean oil (ESO) were used as plasticizers to improve film flexibility and processability. Active films containing thymol and *Artemisia herba-alba* extract were also prepared.
The films were characterized using FTIR, AFM, DSC, TGA, XRD, contact angle, and microhardness analyses. The results showed improved compatibility, flexibility, thermal stability, and surface properties depending on the blend composition. Among the developed formulations, 10%Pcl and 10%Peg, 5%Peg films exhibited the highest flexibility, indicating their potential as promising materials for biodegradable food packaging applications.

Keywords: PHBV, biodegradable films, food packaging, PLA, PCL, PEG, active packaging.

Résumé
Dans ce travail, des films biodégradables à base de PHBV ont été développés pour des applications d'emballage alimentaire. Le PHBV a été mélangé avec le PLA et le PCL, tandis que le PEG et l'ESO ont été utilisés comme plastifiants. Des films actifs contenant du thymol et de l'extrait d'Artemisia herba-alba ont également été préparés.
Les films ont été caractérisés par FTIR, AFM, DSC, TGA, DRX, angle de contact et microdureté. Les résultats ont montré que les mélanges présentent une bonne compatibilité, une amélioration de la flexibilité et de la stabilité thermique, ainsi que des propriétés de surface dépendantes de la composition. Parmi les formulations développées, les films 10%Pcl et10%Peg, 5%Peg ont présenté la meilleure flexibilité, ce qui souligne leur potentiel pour des applications d'emballage alimentaire biodégradable. Les films développés présentent ainsi un potentiel intéressant pour des applications d'emballage alimentaire biodégradable et actif.

Mots-clés : PHBV, emballage alimentaire, films biodégradables, PLA, PCL, PEG, emballage actif.

الملخص
في هذا العمل، تم تطوير أغشية قابلة للتحلل الحيوي قائمة على بوليمر PHBV لتطبيقات التغليف الغذائي. تم مزج PHBVمع PLA وPCL، واستخدام كل من PEG وزيت فول الصويا المؤكسد (ESO) كملدنات لتحسين مرونة الأغشية وقابليتها للتصنيع. كما تم تحضير أغشية نشطة تحتوي على الثيمول ومستخلص الشيح الأبيض-*Artemisia herba*) *alba*).
تم توصيف الأغشية باستخدام تقنيات FTIR و AFMو DSCو TGAو XRDوقياس زاوية التلامس واختبار الصلادة الدقيقة. أظهرت النتائج تحسنًا في التوافق بين مكونات الأغشية، وزيادة في المرونة والاستقرار الحراري، مع اختلاف خصائص السطح تبعًا لتركيب المزيج. ومن بين التركيبات المطوَّرة، أظهرت الأغشية HC1E1 وHE5 أفضل مرونة، مما يؤكد إمكاناتها الواعدة في تطبيقات التغليف الغذائي القابل للتحلل الحيوي. وتشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام أغشية PHBV المطورة كمواد مستدامة ونشطة في مجال التغليف الغذائي القابل للتحلل الحيوي.
الكلمات المفتاحيةPHBV :، أغشية قابلة للتحلل الحيوي، التغليف الغذائي، PLA، PCL، PEG، التغليف النشط

Table of contents

List of Abbreviations ..... Erreur ! Signet non défini.

I.1. Smart and Active Packaging Technologies ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.1 Packaging Functions Beyond Protection ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.2 Interaction Between Packaging and the Food Environment **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.3 Smart/Active Packaging systems ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.3.1 Definition and importance of Smart and Active Packaging **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.3.2 Smart Packaging Technologies ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.3.3 Applications of Smart Packaging Technologies ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.3.4 Smart Packaging 4.0 ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.4 Bioactive Packaging Systems ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.4.1 Definition and Principles of Bioactive Packaging ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.4.2 Classification of Bioactive Packaging ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.4.3 Microencapsulation Technology in Bioactive Packaging **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.4.4 Natural Bioactive Compounds Used in Packaging Systems **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.4.5 Essential Oils in Bioactive Packaging ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1.4.6 Phenolic Compounds and Polyphenols in Food Packaging **Erreur ! Signet non défini.**

I.2. Biodegradable polymer in active packaging ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.1 Definition and classification Biodegradable Polymers . **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.2 Role of Biodegradable polymers in Smart/Active Food Packaging **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.3 Petroleum-Based Polymers vs Biodegradable Polymers in smart packaging **Erreur ! Signet non**

PHBV in active packaging: Limitations and strategies to produce flexible films Erreur ! Signet non défini

II.1. Polyhydroxyalkanoates (PHAs): Overview and Packaging Applications **Erreur ! Signet non défini.**

II.2. PHBV Structure and Biosynthesis ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.3. Physicochemical Properties of PHBV ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.3.1. Effect of Copolymer Composition (3HB/3HV ratio) .. **Erreur ! Signet non défini.**

II.3.2. Barrier and Packaging Properties ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.3.3. Mechanical and Functional Properties of PHBV Film **Erreur ! Signet non défini.**

II.4. Processing Challenges of PHBV ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.5. Strategies to improve PHBV flexibility ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.5.1. Plasticization of PHBV ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.5.1.1 Plasticization Mechanism ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.5.1.2 Types of Plasticizers ..... **Erreur ! Signet non défini.**

II.5.1.4 Limitations of Plasticization ..... **Erreur ! Signet non défini.**
II.5.2 Polymer Blending ..... **Erreur ! Signet non défini.**
II.5.2.1. Purpose of blending PHBV ..... **Erreur ! Signet non défini.**
II.5.2.2. Applications of Different PHBV polymer Blends ..... **Erreur ! Signet non défini.**
II.6. Processing Techniques for PHBV Packaging Films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
II.6.1. Solvent Casting Method ..... **Erreur ! Signet non défini.**
II.6.2. Extrusion Method ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.1 Materials ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.1.1 Polymers ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.1.2 Plasticizers ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.1.3 Solvents and chemicals ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.2 Preparation of Films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.2.1 Preparation of PHBV films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.2.2 PHBV-based films Formulations ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.2.3 Synthesis of Epoxidized Soybean Oil (ESO) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.4 Characterization Techniques ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.4.1 ATR-FTIR Analysis ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.4.2 Atomic Force Microscopy (AFM) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.4.3 X-ray Diffraction (XRD) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.4.4. Contact Angle Measurement ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.4.5. Microhardness Test ..... **Erreur ! Signet non défini.**
III.5 Antioxidant Activity Evaluation ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Results and Discussion ..... Erreur ! Signet non défini.
Part A: PHBV-based films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.1. Physical Appearance of PHBV-BASED films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.1.1 Physical Appearance of PHBV/PCL films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.1.2. Physical Appearance of PHBV/PEG films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.1.3. Physical Appearance of PHBV/PLA films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.1.4. Physical Appearance of PHBV/ESO films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.2 FTIR Analysis of PHBV-BASED films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.2.1 ATR-FTIR Characterization of Pure Polymers ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.2.2 FTIR analysis of PHBV/PCL blends films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.2.3 FTIR analysis of PHBV/PLA blends films ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.2.3 FTIR analysis of PHBV/ESO films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.3. AFM Surface Morphology Results ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.4 XRD Structural Analysis Results ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.5 Contact Angle Measurement Results ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.6 Microhardness Test Results ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Part B: PHBV-based active films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.2.4 FTIR Analysis of Active PHBV-Based Films Containing Thymol and Artemisia herba-alba Extract ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.3.1 AFM Surface Morphology of Active Films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.5.1 Contact Angle Measurement of Active Films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV.6.1 Microhardness of Active Films ..... **Erreur ! Signet non défini.**
IV .7. Evaluation of Antioxidant Activity via DPPH Radical Scavenging Assay **Erreur ! Signet non d**
General Conclusion ..... Erreur ! Signe
REFERENCES ..... Erreur ! Signet non défini.