

Caractérisation et modélisation de polymères PVA

C. MASRI^a, G. PENVEN^b, G. CHAGNON^c, D. FAVIER^d

Affiliations :

- Université de Grenoble Alpes, TIMC-IMAG, F-38000 Grenoble, France
- CNRS, TIMC-IMAG, F-38000 Grenoble, France

Emails :

- a. christopher.masri@imag.fr
- b. geraldine.penven@imag.fr
- c. gregory.chagnon@imag.fr
- d. denis.favier@imag.fr

Résumé :

Les hydrogels type PVA (alcool polyvinylique) sont utilisés pour de nombreuses applications telles que le génie tissulaire, la pharmacie et la validation de diverses méthodes d'élastographie. Le potentiel des polymères de PVA ayant déjà été démontré par le passé, cette étude vise à caractériser et modéliser leur comportement en fonction de la méthode d'élaboration employée.

Abstract:

PVA (poly-vinyl alcohol) type hydrogels are used in various applications such as tissue engineering, pharmaceuticals and for the validation of different elastography methods. The potential of PVA hydrogels having already been proved, this study aims at characterizing and modeling their behavior depending on the elaboration parameters.

Mots clefs : PVA, caractérisation mécanique, modélisation

1 Introduction

Les hydrogels de PVA (alcool polyvinylique) sont utilisés dans de nombreuses applications biomédicales et pharmaceutiques [1]–[4]. Leurs caractéristiques bio-adhésives, leur facilité de mise en forme et le fait qu'ils soient biocompatibles en font d'excellents candidats pour les biomatériaux. Leur élasticité, leur durée de vie et la simplicité de leur formule chimique qui peut être modifiée par de simples greffages, font que les PVA reproduisent bien le comportement des tissus vivants et qu'ils sont bien tolérés par le corps humain. Ils ont notamment été utilisés pour la fabrication de lentilles de contact, le revêtement d'un cœur artificiel et ont récemment été adoptés pour remplacer des tissus mous [5].

2 Caractérisation mécanique

2.1 Élaboration

La fabrication du polymère se fait par un procédé de polymérisation physique : de la poudre de PVA est dissoute dans une solution d'H₂O : DMSO (Diméthylsulfoxyde) qui est portée à 120°C sous agitation. La solution visqueuse est ensuite injectée dans un moule qui subit des cycles de congélation/décongélation (cycles de 10 heures à -20°C suivies d'un retour à 20°C pendant 2h). Une fois les cycles terminés, le matériau est rincé abondamment avec de l'eau distillée. Le but de cette étude est de mettre en évidence l'influence des différents paramètres d'élaboration sur les propriétés mécaniques du polymère. Quinze préparations ont été testées.

2.2 Caractérisation mécanique

Le matériau étant hydrophile, il doit rester immergé sous peine de voir ses propriétés mécaniques modifiées. Pour cela, un bain permettant de contrôler la température de la solution, et donc de l'échantillon, tout au long de l'essai a été conçu et adapté à la machine de traction GABO EPLEXOR 500N. Une solution d'eau ultra pure à 37°C a été utilisée pour tous les tests.

Les essais ont été effectués en traction plane. Différents types d'essais ont été réalisés, des essais à rupture et des essais cycliques mettant en évidence des boucles d'hystérésis, un assouplissement à l'effet Mullins lors du premier cycle et une déformation résiduelle après un cycle de sollicitation. Une analyse mécanique dynamique (DMA) est également effectuée afin de distinguer les comportements élastiques et visqueux du matériau. Cette DMA consiste à appliquer un niveau de déformation et appliquer une sollicitation dynamique autour de cette déformation, ceci permet de quantifier les modules de conservation (E') et de perte (E'') pour tous les niveaux de déformation. Une étude comparative est réalisée pour les différentes compositions de matériaux.

2.3 Modélisation

Dans un premier temps, on s'intéresse au comportement stabilisé du matériau, i.e. après un premier cycle de déformation, ainsi l'effet Mullins ne sera pas pris en compte. Seul le comportement viscoélastique en grandes déformation sera modélisé. Dans ce but, un modèle visco-hyperélastique est utilisé pour représenter le comportement d'un mélange de référence. Différents modèles ont été testés pour déterminer le modèle le plus adapté à la modélisation. Pour la partie élastique, différents modèles hyperélastiques de la littérature ont été choisis : Néo-Hookéen, Mooney-Rivlin et Yeoh, ont ainsi été étudiés et appliqués pour reproduire le comportement élastique du matériau. La partie visqueuse a été modélisée par une formulation classique à partir de séries de Prony. Les qualités et défauts de la modélisation sont mis en évidence par comparaison avec les différents essais réalisés.

Références

- [1] C. M. Hassan and N. A. Peppas, "Structure and Applications of Poly (vinyl alcohol) Hydrogels Produced by Conventional Crosslinking or by Freezing / Thawing Methods," vol. 153, 2000.

-
- [2] H. Trieu and S. Qutubuddin, “Poly(vinyl alcohol) hydrogels: 2. Effects of processing parameters on structure and properties,” *Polymer (Guildf.)*, vol. 36, no. 13, pp. 2531–2539, Jan. 1995.
- [3] J. S. Gonzalez and V. a Alvarez, “Mechanical properties of polyvinylalcohol/hydroxyapatite cryogel as potential artificial cartilage,” *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 34, pp. 47–56, Jun. 2014.
- [4] M. O. Culjat, D. Goldenberg, P. Tewari, and R. S. Singh, “A review of tissue substitutes for ultrasound imaging,” *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 36, no. 6, pp. 861–73, Jun. 2010.
- [5] S. Jiang, Z. Su, X. Wang, S. Liu, and Y. Yu, “Development of a new tissue-equivalent material applied to optimizing surgical accuracy,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 33, no. 7, pp. 3768–3774, 2013.