

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS
POLYBLEND HIDROKSIPROPIL METILSELULOSA/
POLI(VINIL PIROLIDON)**

SKRIPSI

disusun untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Kimia



oleh:

Wafa Raihanah Arwa

NIM 1901199

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN
ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

**Preparasi dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis *Polyblend* Hidroksipropil
Metilselulosa/Poli(vinil pirolidon)**

Oleh:

Wafa Raihanah Arwa

**Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia di
Departemen Pendidikan Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia**

© Wafa Raihanah Arwa 2023

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

**Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, di foto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis**

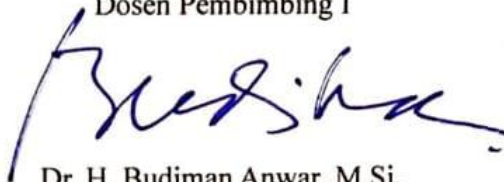
LEMBAR PENGESAHAN

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS
POLYBLEND HIDROKSIPROPIL METILSELULOSA/
POLI(VINIL PIROLIDON)**

Oleh
Wafa Raihanah Arwa
1901199

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing I



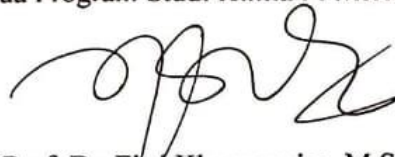
Dr. H. Budiman Anwar, M.Si.
NIP. 197003131997031004

Dosen Pembimbing II



Dr. Galuh Yuliani, M.Si.
NIP. 198007252001122001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI



Prof. Dr. Fitri Khoerunnisa, M.Si.
NIP. 197806282001122001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**Preparasi dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Polyblend Hidroksipropil Metilselulosa/Poli(vinil pirolidon)**” ini beserta seluruh isinya adalah sepenuhnya karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 21 Agustus 2023



METERAI
TEMDEL
78FAKX597579657
Wafa Raihanah Arwa

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah *subhanallahu wa ta'ala* karena atas segala Rahmat dan nikmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tak lupa shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad *shallallahu 'alaihi wa sallam*.

Skripsi yang berjudul “**Preparasi dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Polyblend Hidroksipropil Metilselulosa/Poli(vinil pirolidon)**” ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan penulis selanjutnya.

Bandung, 21 Agustus 2023



Wafa Raihanah Arwa

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah *subhanallahu wa ta'ala* karena atas segala Rahmat dan nikmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul **“Preparasi dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Polyblend Hidroksipropil Metilselulosa/Poli(vinil pirolidon)”** ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains.

Selama penulisan skripsi, penulis telah mendapatkan banyak dukungan, bantuan, dan bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih khususnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Rudy Hermawan dan Tinna Muliawati yang telah membesarkan penulis dengan sangat baik serta senantiasa memberikan semangat, do'a, dan dukungannya kepada penulis;
2. Kakak-kakak dan adik penulis yang telah memberikan semangat, do'a, dan dukungannya kepada penulis;
3. Bapak Dr. H. Budiman Anwar, M.Si. sebagai pembimbing I atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang diberikan selama penelitian dan penyusunan skripsi;
4. Ibu Dr. Galuh Yuliani, M.Si. sebagai pembimbing II atas bimbingannya selama penyusunan skripsi;
5. Ibu Prof. Dr. Fitri Khoerunnisa, M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI;
6. Segenap Dosen dan staff Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam;
7. Teman-teman rumah Pondok Hijau yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama penelitian dan penyusunan skripsi;
8. Rekan seperjuangan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia, khususnya kelas D Angkatan 2019 dan kelas KBK Material;
9. Semua pihak yang telah berpartisipasi atas terselesaikannya penelitian beserta skripsi ini.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat memberikan manfaat dan memperluas wawasan baik kepada penulis maupun pembaca dan masyarakat luas serta menjadi amal jariyah bagi penulis. Skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar kedepannya penulis menjadi lebih baik.

Bandung, 21 Agustus 2023

Penulis,

Wafa Raihanah Arwa

ABSTRAK

Plastik kemasan yang umum digunakan terbuat dari bahan *non-biodegradable*, sehingga peningkatan kebutuhan terhadap plastik kemasan pada kehidupan sehari-hari menuntut pada peningkatan limbah. Salah satu solusi dari masalah ini adalah pembuatan material berbasis biopolimer yang bersifat *biodegradable*. Hidroksipropil metilselulosa (HPMC) merupakan biopolimer yang banyak digunakan untuk pembuatan film plastik, namun film HPMC memiliki sifat mekanik di luar standar sifat mekanik plastik kemasan yang umum digunakan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat film *polyblend* HPMC dengan poli(vinil pirolidon) (PVP) untuk memperbaiki sifat mekanik film HPMC serta mengetahui komposisi optimum dan karakteristik *polyblend* HPMC/PVP sebagai bahan plastik kemasan. *Polyblend* disintesis menggunakan metode *solution casting* dengan variasi komposisi HPMC tanpa PVP serta HPMC/PVP 5:3, 6:2, dan 7:1 (g/g). Karakterisasi sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui komposisi optimum *polyblend*. Hasil karakterisasi menunjukkan penambahan PVP pada HPMC menurunkan sifat mekanik *polyblend* sehingga masuk ke dalam rentang sifat mekanik plastik kemasan umum. Komposisi optimum *polyblend* HPMC/PVP yaitu 6:2 dengan nilai kekuatan tarik, elongasi, dan modulus Young berturut-turut sebesar $58,0569 \pm 5,23$ MPa, $37,49 \pm 1,84$ %, dan $0,8127 \pm 0,04$ GPa, nilai kekuatan tarik ini masuk pada rentang jenis plasti HDPE dan PET. Karakterisasi lain dilakukan pada film HPMC dan *polyblend* HPMC/PVP 6:2 sebagai komposisi optimum menggunakan *Fourier Transfer Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), spektrofotometri UV-Vis, uji hidrofilitas, dan uji laju transmisi uap air. Hasil menunjukkan ketercampuran *polyblend* HPMC/PVP, serta penambahan PVP meningkatkan titik leleh, transparansi, hidrofilitas, dan laju transmisi uap air *polyblend*. Namun, kristalinitas *polyblend* menurun.

Kata Kunci: *Poliblend; Bioplastik; Hidroksipropil Metilselulosa; Poli(vinil pirolidon).*

ABSTRACT

Commonly used plastic packaging is made from non-biodegradable materials, hence the increase in need for plastic packaging in everyday life led to waste increased. One of the solution to this problem is to produce a biodegradable biopolymer-based materials. Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) is widely used biopolymer to make plastic films, however HPMC films have mechanical properties beyond the standard mechanical properties of commonly used plastic packagings. Therefore, the aim of this research is to make HPMC polyblend films with poly(vinyl pyrrolidone) (PVP) to improve the mechanical properties of HPMC films and to determine the optimum composition and characteristics of HPMC/PVP polyblend as a packaging material. Films was synthesized using the solution casting method with composition variations of HPMC without PVP and HPMC/PVP 5:3, 6:2, 7:1 (w/w). The optimum composition was obtained by mechanical properties characterization. The results show that the addition of PVP to HPMC reduces the mechanical properties of polyblend hence it got in the range of mechanical properties of general plastic packaging. The optimum composition of HPMC/PVP polyblend is 6:2 with tensile strength, elongation and Young's modulus values respectively 58.06 ± 5.23 MPa, 37.49 ± 1.84 % and 0.81 ± 0.04 GPa, these values are in the range of HDPE and PET plastic types. Another characterization was performed on HPMC film and HPMC/PVP 6:2 polyblend using Fourir Transfer Infrared (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), Differential Scanning Calorimetry (DSC), UV-Vis spectrophotometry, hydrophilicity test, and water vapor transmission transmission. The results show that the miscibility of HPMC/PVP polyblend, and the addition of PVP increases the melting point, transparency, hydrophilicity, and water vapor transmission rate of the polyblend. However, the crystallinity of the polyblend decreased.

Keywords: *Hydroxypropyl Methylcellulose; Poly(vinylpyrrolidone); polyblend film; Biodegradable plastic.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Struktur Organisasi Skripsi.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Hydroxypropyl Methylcellulose</i> (HPMC).....	5
2.2. <i>Poly (vinyl pyrrolidone)</i> (PVP).....	3
2.3. <i>Polimer Blending</i>	9
2.4. Plastik Kemasan	9
BAB III. METODE PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.3. Bagan Alir Penelitian.....	12
3.4. Tahapan Penelitian.....	13
3.4.1. Pembuatan <i>Polyblend</i> HPMC/PVP	13
3.4.2. Uji Tarik.....	13

3.4.3. Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	14
3.4.4. Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	14
3.4.5. Karakterisasi <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	15
3.4.6. Uji Transparansi.....	15
3.4.7. Uji Sudut Kontak.....	15
3.4.8. Uji Laju Transmisi Uap Air	16
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1. Sifat Mekanik	17
4.2. Karakterisasi Gugus Fungsi dan Kristalinitas	20
4.3. Karakterisasi Morfologi Permukaan.....	25
4.4. Karakterisasi Sifat Termal	26
4.5. Karakterisasi Sifat Optik	27
4.6. Karakterisasi Hidrofilisitas	28
4.7. Karakterisasi Sifat Penghalang.....	30
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1. Simpulan.....	32
5.2. Saran	32
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur HPMC.....	5
Gambar 2.2. Monomer N-vinilpirolidon.	3
Gambar 2.3. Reaksi pembentukan monomer N-vinilpirolidon.	7
Gambar 2.4. Polimerisasi PVP.....	8
Gambar 3.1. Bagan Alir Tahapan Penelitian.	13
Gambar 3.2. Set Alat Uji Sudut Kontak.	16
Gambar 4.1. Perbandingan Spektra IR, (a) HPMC Pro Analisis dan (b) HPMC Teknis.	21
Gambar 4.2. Perbandingan Spektra IR, (a) PVP Pro Analisis dan (b) PVP Teknis.	21
Gambar 4.3. Spektra IR Bubuk HPMC, PVP, dan Film <i>Polyblend</i> HPMC/PVP.	23
Gambar 4.4. Interaksi Ikatan Hidrogen antar HPMC dan PVP.	24
Gambar 4.5. Mikrograf SEM, film (a) HPMC dan (b) HPMC/PVP 6:2.....	26
Gambar 4.6. Termogram DSC Film HPMC dan HPMC/PVP 6:2.	27
Gambar 4.7. (a) Film HPMC dan (b) Film <i>Polyblend</i> HPMC/PVP 6:2.....	28
Gambar 4.8. Hasil Uji Sudut Kontak.....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Umum Jenis Plastik Kemasan yang Umum Digunakan.	10
Tabel 4.1. Sifat Mekanik Film.....	18
Tabel 4.2. Variasi Komposisi Film pada Rentang Sifat Mekanik Plastik Kemasan yang Umum Digunakan.	19
Tabel 4.3. Total Indeks Kristalinitas (TCI), Energi Ikatan Hidrogen (E_H), dan Jarak Ikatan Hidrogen (R) Film.....	25
Tabel 4.4. Data Absorbansi, Tebal, dan Opasitas Film HPMC dan <i>Polyblend</i> HPMC/PVP 6:2.....	28
Tabel 4.5. Nilai Laju Transmisi Uap Air Film HPMC dan <i>Polyblend</i> HPMC/PVP 6:2	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian.....	39
1.1. Perhitungan Kekuatan Tarik.....	39
1.2. Perhitungan Elongasi	39
1.3. Perhitungan Modulus Young.....	40
1.4. Perhitungan Total Indeks Kristalinitas (TCI).....	41
1.5. Perhitungan Energi Ikatan Hidrogen.....	42
1.6. Perhitungan Jarak Ikatan Hidrogen.....	42
1.7. Data Karakterisasi Uji Tarik.....	43
1.8. Data Keuletan dari Karakterisasi Uji Tarik.....	45
1.9. Data Karakterisasi FTIR	46
1.10. Data Karakterisasi DSC	49
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	50
Dokumentasi Pembuatan Film	50
Dokumentasi Uji Sudut Kontak	51
Dokumentasi Uji Laju Transmisi Uap Air	51
Dokumentasi Uji Transparansi.....	51

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, O. G., Hanna, R. R., & Salman, Y. A. (2019). Structural and electrical conductivity of CH: MC bio-poly-blend films: optimize the perfect composition of the blend system. *Bulletin of Materials Science*, 42, 1-7.
- Aydogdu, A., Yildiz, E., Ayhan, Z., Aydogdu, Y., Sumnu, G., & Sahin, S. (2019). Nanostructured poly (lactic acid)/soy protein/HPMC films by electrospinning for potential applications in food industry. *European Polymer Journal*, 112, 477-486.
- Sheik, S., Nagaraja, G. K., & Prashantha, K. (2018). Effect of silk fiber on the structural, thermal, and mechanical properties of PVA/PVP composite films. *Polymer Engineering & Science*, 58(11), 1923-1930.
- Braun, S. (2011). Encapsulation of Cells (Cellular Delivery) Using Sol–Gel Systems. *Comprehensive Biomaterials*, 529–543.
- da Silva Júnior, W. F., de Oliveira Pinheiro, J. G., Moreira, C. D., de Souza, F. J., & de Lima, Á. A. (2017). Alternative technologies to improve solubility and stability of poorly water-soluble drugs. In *Multifunctional systems for combined delivery, biosensing and diagnostics*, 281-305.
- Deshmukh, K., Ahamed, M. B., Deshmukh, R. R., Pasha, S. K., Bhagat, P. R., & Chidambaram, K. (2017). Biopolymer composites with high dielectric performance: interface engineering. In *Biopolymer composites in electronics*, 27-128).
- Ding, C., Zhang, M., & Li, G. (2015). Preparation and characterization of collagen/hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) blend film. *Carbohydrate polymers*, 119, 194-201.
- El Achaby, M., Essamlali, Y., El Miri, N., Snik, A., Abdelouahdi, K., Fihri, A., ... & Solhy, A. (2014). Graphene oxide reinforced chitosan/polyvinylpyrrolidone polymer bio-nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(22).
- Gallardo-Sánchez, M. A., Chinchillas-Chinchillas, M. J., Gaxiola, A., Alvarado-Beltrán, C. G., Hurtado-Macías, A., Orozco-Carmona, V. M., ... & Castro-Beltrán, A. (2022). The Use of Recycled PET for the Synthesis of New Mechanically Improved PVP Composite Nanofibers. *Polymers*, 14(14), 2882.

Wafa Raihanah Arwa, 2023

PREPARASI DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS POLYBLEND HIDROKSIPROPIL METILSELULOSA/POLI(VINIL PIROLIDON)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- George, J., Kumar, R., Sajeevkumar, V. A., Ramana, K. V., Rajamanickam, R., Abhishek, V., & Nadanasabapathy, S. (2014). Hybrid HPMC nanocomposites containing bacterial cellulose nanocrystals and silver nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, *105*, 285-292.
- George, J., Kumar, R., Sajeevkumar, V. A., Ramana, K. V., Rajamanickam, R., Abhishek, V., & Nadanasabapathy, S. (2014). Hybrid HPMC nanocomposites containing bacterial cellulose nanocrystals and silver nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, *105*, 285-292.
- Ghadermazi, R., Hamdipour, S., Sadeghi, K., Ghadermazi, R., & Khosrowshahi Asl, A. (2019). Effect of various additives on the properties of the films and coatings derived from hydroxypropyl methylcellulose—A review. *Food science & nutrition*, *7*(11), 3363-3377.
- Ghadermazi, R., Hamdipour, S., Sadeghi, K., Ghadermazi, R., & Khosrowshahi Asl, A. (2019). Effect of various additives on the properties of the films and coatings derived from hydroxypropyl methylcellulose—A review. *Food science & nutrition*, *7*(11), 3363-3377.
- Guzman-Puyol, S., Benítez, J. J., & Heredia-Guerrero, J. A. (2022). Transparency of polymeric food packaging materials. *Food Research International*, 111792.
- Hejna, A., Barczewski, M., Kosmela, P., & Mysiukiewicz, O. (2023). Comparative Analysis of the Coffee and Cocoa Industry By-Products on the Performance of Polyethylene-Based Composites. *Waste and Biomass Valorization*, 1-16.
- Huang, J., Liu, J., Chen, M., Yao, Q., & Hu, Y. (2021). Immobilization of roselle anthocyanins into polyvinyl alcohol/hydroxypropyl methylcellulose film matrix: Study on the interaction behavior and mechanism for better shrimp freshness monitoring. *International Journal of Biological Macromolecules*, *184*, 666-677.
- Huhtamäki, T., Tian, X., Korhonen, J. T., & Ras, R. H. (2018). Surface-wetting characterization using contact-angle measurements. *Nature protocols*, *13*(7), 1521-1538.

- Jarray, A., Gerbaud, V., & Hemati, M. (2016). Polymer-plasticizer compatibility during coating formulation: A multi-scale investigation. *Progress in Organic Coatings*, *101*, 195-206.
- Karavas, E., Georgarakis, E., & Bikiaris, D. (2006). Felodipine nanodispersions as active core for predictable pulsatile chronotherapeutics using PVP/HPMC blends as coating layer. *International journal of pharmaceutics*, *313*(1-2), 189-197.
- Kariduraganavar, M. Y., Kittur, A. A., & Kamble, R. R. (2014). Polymer synthesis and processing. In *Natural and synthetic biomedical polymers* (pp. 1-31). Elsevier.
- Khezerlou, A., Tavassoli, M., Alizadeh Sani, M., Mohammadi, K., Ehsani, A., & McClements, D. J. (2021). Application of nanotechnology to improve the performance of biodegradable biopolymer-based packaging materials. *Polymers*, *13*(24), 4399.
- Kowalonek, J., & Kaczmarek, H. (2010). Studies of pectin/polyvinylpyrrolidone blends exposed to ultraviolet radiation. *European Polymer Journal*, *46*(2), 345-353.
- Kumar, R., Mishra, I., & Kumar, G. (2021). Synthesis and evaluation of mechanical property of chitosan/PVP blend through nanoindentation-a nanoscale study. *Journal of Polymers and the Environment*, *29*(11), 3770-3778.
- Kumar, R., Rai, B., & Kumar, G. (2019). A simple approach for the synthesis of cellulose nanofiber reinforced chitosan/PVP bio nanocomposite film for packaging. *Journal of Polymers and the Environment*, *27*, 2963-2973.
- Lai, H., Yuan, C., & Lin, H. (2020). Camber deformation property and fracture strain of flexible film made by polydimethylsiloxane. *Optical Materials*, *107*, 110066.
- Lamour, G., & Hamraoui, A. (2010). Contact Angle Measurements Using a Simplified Experimental Setup. *Journal of Chemical Education*, *87*(12), 1403-1407.
- Liu, J., Liu, S., Chen, Y., Zhang, L., Kan, J., & Jin, C. (2017). Physical, mechanical and antioxidant properties of chitosan films grafted with different hydroxybenzoic acids. *Food Hydrocolloids*, *71*, 176-186.

- Lu, P., Xiao, H., Zhang, W., & Gong, G. (2014). Reactive coating of soybean oil-based polymer on nanofibrillated cellulose film for water vapor barrier packaging. *Carbohydrate polymers*, 111, 524-529.
- Mangaraj, S., Goswami, T. K., & Mahajan, P. V. (2009). Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. *Food Engineering Reviews*, 1, 133-158.
- Mangaraj, S., Yadav, A., Bal, L. M., Dash, S. K., & Mahanti, N. K. (2019). Application of biodegradable polymers in food packaging industry: A comprehensive review. *Journal of Packaging Technology and Research*, 3(1), 77-96.
- Mireles, L. K., Wu, M. R., Saadeh, N., Yahia, L. H., & Sacher, E. (2020). Physicochemical characterization of polyvinyl pyrrolidone: A tale of two polyvinyl pyrrolidones. *ACS omega*, 5(47), 30461-30467.
- Mondal, D., Mollick, M. M. R., Bhowmick, B., Maity, D., Bain, M. K., Rana, D., & Chattopadhyay, D. (2013). Effect of poly (vinyl pyrrolidone) on the morphology and physical properties of poly (vinyl alcohol)/sodium montmorillonite nanocomposite films. *Progress in Natural Science: Materials International*, 23(6), 579-587.
- Nešić, A., Ružić, J., Gordić, M., Ostojić, S., Micić, D., & Onjia, A. (2017). Pectin-polyvinylpyrrolidone films: A sustainable approach to the development of biobased packaging materials. *Composites Part B: Engineering*, 110, 56-61.
- Nilsen-Nygaard, J., Fernández, E. N., Radusin, T., Rotabakk, B. T., Sarfraz, J., Sharmin, N., Sivertsvik, M., Sone, I., & Pettersen, M. K. (2021). Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1333-1380.
- Nyamweya, N., & Hoag, S. W. (2000). Assessment of polymer-polymer interactions in blends of HPMC and film forming polymers by modulated temperature differential scanning calorimetry. *Pharmaceutical Research*, 17, 625-631.
- Oliveira, M. A., Furtado, R. F., Bastos, M. S. R., Leitão, R. C., Benevides, S. D., Muniz, C. R., & Biswas, A. (2018). Performance evaluation of cashew gum

- and gelatin blend for food packaging. *Food packaging and shelf life*, 17, 57-64.
- Panraksa, P., Udomsom, S., Rachtanapun, P., Chittasupho, C., Ruksiriwanich, W., & Jantrawut, P. (2020). Hydroxypropyl Methylcellulose E15: A hydrophilic polymer for fabrication of orodispersible film using syringe extrusion 3D printer. *Polymers*, 12(11), 2666.
- Poonguzhali, R., Basha, S. K., & Kumari, V. S. (2017). Synthesis and characterization of chitosan/poly (vinylpyrrolidone) biocomposite for biomedical application. *Polymer Bulletin*, 74, 2185-2201.
- Prakash, Y., Mahadevaiah, D., Somashekarappa, H., Demappa, T., & Somashekar, R. (2012). Microstructural parameters of HPMC/PVP polymer blends using wide angle X-Ray technique. *Journal of Research Updates in Polymer Science*, 1(1), 24.
- Prakash, Y., Somashekarappa, H., Parameswara, P., Demappa, T., & Somashekar, R. (2012, June). Characterization of HPMC/PVP polymer blend films using WAXS technique. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1447, No. 1, pp. 565-566). American Institute of Physics.
- Pravin, J., Khan, A. A., Massimo, R., Carlo, R., & Alberto, T. (2016). Multiwalled carbon nanotube–strength to polymer composite. *Physical Sciences Reviews*, 1(2), 20150009.
- Ravi, M., Bhavani, S., Kumar, K. K., & Rao, V. N. (2013). Investigations on electrical properties of PVP: KIO₄ polymer electrolyte films. *Solid state sciences*, 19, 85-93.
- Shahmiri, M., Ibrahim, N. A., Yunus, W. M. Z. W., Shameli, K., Zainuddin, N., & Jahangirian, H. (2013). Synthesis and characterization of CuO nanosheets in polyvinylpyrrolidone by quick precipitation method. *Advanced Science, Engineering and Medicine*, 5(3), 193-197.
- Sharma, S. K., Verma, D. S., Khan, L. U., Kumar, S., & Khan, S. B. (Eds.). (2018). *Handbook of materials characterization*. New York, NY, USA: Springer International Publishing.

- Sheik, S., Nagaraja, G. K., & Prashantha, K. (2018). Effect of silk fiber on the structural, thermal, and mechanical properties of PVA/PVP composite films. *Polymer Engineering & Science*, 58(11), 1923-1930.
- Sui, X., Chu, Y., Zhang, J., Zhang, H., Wang, H., Liu, T., & Han, C. (2020). The effect of PVP molecular weight on dissolution behavior and physicochemical characterization of glycyrrhetic acid solid dispersions. *Advances in Polymer Technology*, 2020.
- Sun, T., & Thom, R. (2010). The effect of epoxidized safflower oil on the properties of polyvinyl chloride films. *Journal of Elastomers & Plastics*, 42(2), 129-137.
- Tedesco, M. P., Monaco-Lourenço, C. A., & Carvalho, R. A. (2016). Gelatin/hydroxypropyl methylcellulose matrices—Polymer interactions approach for oral disintegrating films. *Materials Science and Engineering: C*, 69, 668-674.
- Teodorescu, M., & Bercea, M. (2015). Poly (vinylpyrrolidone)—a versatile polymer for biomedical and beyond medical applications. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 54(9), 923-943.
- Wang, L., Dong, W., & Xu, Y. (2007). Synthesis and characterization of hydroxypropyl methylcellulose and ethyl acrylate graft copolymers. *Carbohydrate Polymers*, 68(4), 626-636.
- Wen, Y. H., Tsou, C. H., de Guzman, M. R., Huang, D., Yu, Y. Q., Gao, C., ... & Wang, Z. H. (2022). Antibacterial nanocomposite films of poly (vinyl alcohol) modified with zinc oxide-doped multiwalled carbon nanotubes as food packaging. *Polymer Bulletin*, 1-20.
- Wróblewska-Krepsztul, J., Rydzkowski, T., Borowski, G., Szczypiński, M., Klepka, T., & Thakur, V. K. (2018). Recent progress in biodegradable polymers and nanocomposite-based packaging materials for sustainable environment. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 23(4), 383-395.
- Wu, H. Y., Liu, T. X., Hsu, C. H., Cho, Y. S., Xu, Z. J., Liao, S. C., ... & Lien, S. Y. (2017). Thin-film coated plastic wrap for food packaging. *Materials*, 10(7), 821.

- Zaltariov, M. F. (2021). FTIR investigation on crystallinity of hydroxypropyl methyl cellulose-based polymeric blends. *Cellul. Chem. Technol. Cellul. Chem. Technol*, 55, 981-988.
- Zhang, S., Sun, D., Fu, Y., & Du, H. (2005). Toughness measurement of thin films: a critical review. *Surface and Coatings Technology*, 198(1-3), 74-84.
- Zheng, A., Xue, Y., Wei, D., Li, S., Xiao, H., & Guan, Y. (2014). Synthesis and characterization of antimicrobial polyvinyl pyrrolidone hydrogel as wound dressing. *Soft Materials*, 12(3), 179-187.
- Zhong, Y., Godwin, P., Jin, Y., & Xiao, H. (2020). Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), 27-35.
- Zidan, H. M., Abdelrazek, E. M., Abdelghany, A. M., & Tarabiah, A. E. (2019). Characterization and some physical studies of PVA/PVP filled with MWCNTs. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(1), 904-913.