
SINTESIS OKTIL P-METOKSISINAMAT BERBANTU GELOMBANG ULTRASONIK DAN AKTIVITASNYA DALAM MENYERAP UV

Masitoh Suryaning Prahasiwi^{1*}, Erwin Indriyanti¹, Yuliana Purwaningsih¹

¹STIFAR Yayasan Farmasi Semarang

Jl. Letnan Jendral Sarwo Edie Wibowo Km. 1, Plamongan Sari,

Kec. Pedurungan, Kota Semarang, 50192

*e-mail: masitoh.suryaning.p@gmail.com

Abstrak

Kktl p-metoksisinamat adalah salah satu uv filter yang lazim digunakan dalam sediaan tabir surya. Senyawa ini dapat disintesis dengan reaksi esterifikasi dari asam p-metoksisinamat. Penggunaan bantuan gelombang ultrasonik dalam reaksi esterifikasi dapat mengurangi penggunaan pelarut organik dan penggunaan suhu reaksi yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode sonokimia sederhana untuk sintesis oktil p-metoksisinamat (OPMS). Untuk mensintesis OPMS, Asam p-metoksisinamat (APMS) sebanyak 250 mg direaksikan dengan 5 ml oktanol dengan katalis asam sulfat pada suhu 60°C dengan variasi waktu 2 dan 4 jam. Dari kedua variasi waktu tersebut, didapatkan bahwa waktu reaksi 4 jam menghasilkan yield terbesar (57,13). Hasil sintesis dikonfirmasi dengan KLT dan FTIR. Nilai R_f OPMS didapat sebesar 0,65 sedangkan APMS sebesar 0,3 yang menunjukkan bahwa telah terjadi esterifikasi. Pita serapan inframerah pada 2919 dan 2851 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi stretching alkil C-H. Stretching karbonil ester muncul pada 1692 cm⁻¹. Gugus C=C alkena dan aromatik muncul pada bilangan gelombang 1636, 1603, 1573, dan 1510 cm⁻¹. Vibrasi stretching C-O ester ditemukan pada bilangan gelombang 1252 cm⁻¹, Bilangan gelombang 820 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus aromatik yang tersubstitusi pada posisi para. Hasil ini menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis memiliki kemiripan dengan senyawa OPMS pada pustaka. Uji aktivitas SPF pada oktil p-metoksisinamat dilakukan dengan metode in vitro dan hasilnya dihitung dengan persamaan Mansur. Seri kadar yang digunakan dalam uji SPF ini adalah 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm dan pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 290, 295, 300, 305, 310, 315, dan 320 nm. Hasil uji SPF yang dilakukan memperoleh hasil maksimum pada kadar 30 ppm dengan nilai SPF sebesar 3,14 yang termasuk proteksi rendah. Kadar minimum OPMS hasil sintesis yang diperlukan untuk mendapat nilai SPF 50 sebesar 141,14 ppm sehingga OPMS hasil sintesis masih menunjukkan kemampuan sebagai UV filter yang cukup baik. Perlu dilakukan scaling-up untuk sintesis OPMS berbantu gelombang ultrasonik dan pengujian SPF untuk OPMS hasil sintesis pada seri kadar lebih tinggi.

Kata kunci: sonokimia, esterifikasi, oktil p-metoksisinamat

PENDAHULUAN

Radiasi UV merupakan penyebab utama photoaging, meskipun manifestasi photoaging pada berbagai ras dan etnis berbeda-beda (Huang and Chien, 2020). Radiasi ultraviolet B (UVB) menimbulkan kerusakan DNA lewat pembentukan dimer siklobutana pirimidin, fotoproduct 6-4, dan isomer valensi Dewar serta dapat menimbulkan pemutusan rantai DNA (Rastogi et al., 2010). Kulit manusia dilindungi dari radiasi ultraviolet oleh melanin (Rajan, 2024a). Meskipun demikian, terkadang melanin yang dihasilkan tidak memadai untuk proteksi kulit terhadap radiasi UV (Donglikar and Deore, 2016).

Senyawa derivat sinamat lazim digunakan sebagai tabir surya. Etilheksil metoksisinamat atau oktil metoksisinamat atau octinoxate adalah salah satu UV filter untuk menyerap UVB (Shaath, 2016), yang paling umum dan disetujui penggunaannya di AS, Uni Eropa, Jepang, dan Australia (Shaath, 2016). Penggunaan oktil p-metoksisinamat sebagai tabir surya sering dikombinasi dengan avobenzone pada sediaan-sediaan komersial (Rajan, 2024b). Berbagai wilayah menetapkan standar kadar untuk oktil metoksisinamat dalam sediaan tabir surya yang beredar di wilayah tersebut, sebagai contoh Uni Eropa mengizinkan kadar maksimum sebesar 10%, AS sebesar 7,5%, Australia sebesar 10%, ASEAN sebesar 10%. Oktil p-metoksisinamat juga digunakan sebagai tabir surya pada berbagai sediaan kosmetik untuk wajah dan untuk tubuh di Indonesia (Hidajati and Suyatno, 2008). Berbagai merek tabir surya di Indonesia juga mengandung oktil p-metoksisinamat, di antaranya

Azarine (“Bodyguard Moisturiser Sunscreen Serum Sunproof Monster | Azarine Cosmetic,” 2025), Amaterasun (Beaute Haul, 2025), Carasun (“Carasun Solar Smart UV Protector - Lindungi Kulit Tropismu!,” 2025), dan Somethinc (“SOMETHINC Holyshield! UV Watery Sunscreen Gel SPF 50+ PA++++,” 2025). Karena oktil p-metoksisinamat lazim digunakan untuk tabir surya di berbagai wilayah dan negara, perlu dikembangkan metode sintesis baru yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Penelitian (Hidajati and Suyatno, 2008) menunjukkan bahwa oktil p-metoksisinamat (OPMS) dapat disintesis dari etil p-metoksisinamat yang diisolasi dari rimpang kencur. Oktal p-metoksisinamat (OPMS) juga dapat disintesis secara transesterifikasi dari etil p-metoksisinamat dan dengan esterifikasi asam p-metoksisinamat (Pratiwi et al., 2018; Suzana et al., 2011). Penelitian oleh Hidajati dan Suyatno, Suzana, Pratiwi adalah sintesis parsial menggunakan starting material etil p-metoksisinamat yang diisolasi dari tumbuhan, sehingga starting material yang dapat diperoleh relatif sedikit dan isolasinya cukup sulit. Penggunaan sintesis total diharapkan memecahkan masalah tersebut.

Penggunaan metode konvensional untuk reaksi-reaksi sintesis organik memiliki beberapa kendala, antara lain memerlukan waktu reaksi yang relatif lama, yield yang kurang memuaskan, perlu banyak pelarut, perlu menggunakan reagen yang toksik dan/atau mahal, serta memerlukan suhu tinggi. (Gharat and Rathod, 2020). Untuk mengatasi kendala-kendala tersebut, dikembangkanlah metode-metode sintesis organik dengan bantuan gelombang ultrasonik. Penggunaan bantuan gelombang ultrasonik untuk esterifikasi telah mulai banyak diteliti. Esterifikasi minyak *Jatropha* dengan isopropanol telah dilakukan dengan bantuan gelombang ultrasonik (Chang et al., 2018). Sonokimia juga telah digunakan untuk esterifikasi enzimatis asam oleat dengan trietanolamin (Bansode et al., 2019). Esterifikasi asam lemak juga dapat dilakukan secara cepat dengan katalis ionik cair asam dikation dengan bantuan gelombang ultrasonik (Masri et al., 2020). Penggunaan bantuan gelombang ultrasonik dapat membantu bercampurnya reaktan yang immiscible seperti trigliserida dan alkohol pada sintesis biodiesel tanpa bantuan pelarut lain. Gelombang ultrasonik juga dapat meningkatkan konversi asam karboksilat menjadi ester dalam reaksi esterifikasi jika dibandingkan dengan metode konvensional (Malek et al., 2023). Berdasarkan uraian-uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan pendekatan sonokimia sederhana untuk sintesis oktil p-metoksisinamat dan kemampuannya sebagai UV filter.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah sonikator (Branson 1800), spektrofotometer inframerah FTIR-ATR (Agilent Cary 630), alat uji titik lebur, *rotavapor*, spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1780), dan penyaring vakum.

Bahan-bahan yang digunakan adalah asam p-metoksi sinamat (APMS) yang disintesis di laboratorium STIFAR Yayasan Pharmasi Semarang dengan metode yang dilakukan oleh Indriyanti pada 2022 (Indriyanti et al., 2022) dan sudah dilakukan uji dengan spektrofotometri infra merah, GC-MS (Indriyanti et al., 2022), oktanol (*analytical grade*, Merck®), asam sulfat (*analytical grade*, Merck®), natrium bikarbonat anhidrat (*analytical grade*, Merck®), eter, magnesium sulfat (*analytical grade*, Merck®), akuades, dan pelat KLT GF₂₅₄.

Prosedur Kerja

Sintesis oktil p-metoksisinamat (OPMS) dilakukan dengan mengacu pada penelitian yang dilakukan Hidajati dan Suyatno (Hidajati and Suyatno, 2008) dengan modifikasi pada starting material dan penggunaan bantuan gelombang ultrasonik. Sebanyak 250 mg asam p-metoksisinamat direaksikan dengan 5 mL oktanol dan menggunakan 0,25 mL asam sulfat sebagai katalis. Campuran tersebut dihomogenkan kemudian disonikasi dengan variasi waktu reaksi 2 dan 4 jam pada suhu 60°C. Setelah selesai reaksi, campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan ditambahkan larutan natrium bikarbonat anhidrat jenuh hingga pH campuran mencapai 7. Fase ester diambil dan ditambahkan magnesium sulfat, kemudian digojog dalam corong pisah selama 5 menit lalu didiamkan selama 20 menit. Campuran tersebut disaring lalu diuapkan untuk menghilangkan sisa oktanol. Filtrat yang dihasilkan didinginkan untuk memperoleh OPMS yang lalu dicuci dengan air dingin.

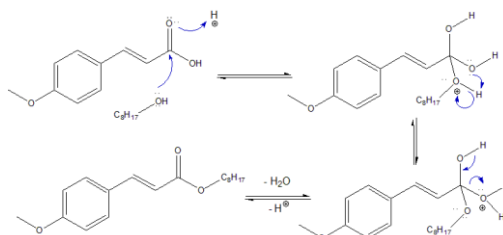
Setelah diperoleh senyawa hasil sintesis, OPMS yang dihasilkan dihitung persen yield-nya. Pada kristal hasil sintesis kemudian dilakukan identifikasi dengan uji titik lebur dan uji kelarutan. Struktur hasil sintesis dikonfirmasi dengan spektrofotometri FTIR.

Uji tabir surya dilakukan dengan metode Mansur (Dutra et al., 2004; Mansur et al., 1986) dengan konsentrasi OPMS sebesar 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm pada panjang gelombang 290 – 320 nm dengan rentang panjang gelombang 5 nm. Masing-masing kombinasi kadar dan panjang gelombang dilakukan replikasi 3 kali. Nilai SPF dihitung dengan persamaan berikut:

$$SPF = CF \times \sum EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda) \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

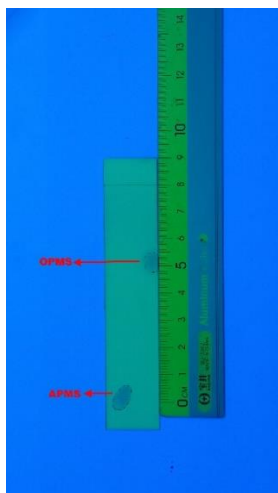
Sintesis OPMS dalam penelitian ini menggunakan *starting material* APMS yang diperoleh lewat reaksi kondensasi Knoevenagel yang dilakukan di laboratorium STIFAR Yayasan Pharmasi Semarang sesuai penelitian yang dilakukan oleh Purwaningsih, dkk. pada tahun 2021 dan Indriyanti dkk. pada tahun 2022 (Indriyanti et al., 2022; Purwaningsih et al., 2022). Sintesis ini dilakukan dengan reaksi esterifikasi dilakukan dengan *starting material* APMS dan oktanol dengan katalis asam sulfat dengan bantuan gelombang ultrasonik. Esterifikasi yang terjadi adalah substitusi asil nukleofilik berupa substitusi gugus hidroksil oleh alkoksi dari oktanol. Katalis menggunakan asam sulfat yang dalam kadar sama dapat menghasilkan proton yang lebih banyak daripada asam klorida. Dalam kasus reaksi dehidrasi furfural, meningkatnya konsentrasi asam akan meningkatkan kecepatan reaksi (Juwita et al., 2012). Asam sulfat dapat bertindak sebagai katalis dalam esterifikasi Fischer dengan cara memprotonasi oksigen karbonil sehingga karbon karbonilnya lebih rentan terhadap serangan nukleofil (McMurry, 2023a). Meskipun demikian, karena asam sulfat memiliki sifat sebagai dehidrator, oktanol dalam campuran reaksi dapat mengalami dehidrasi sehingga lebih sulit bereaksi. Untuk mengantisipasi dehidrasi pada oktanol oleh asam sulfat, perlu diteliti dan dioptimasi lebih lanjut jumlah asam sulfat yang digunakan (Dwipa et al., 2014).



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Sintesis OPMS

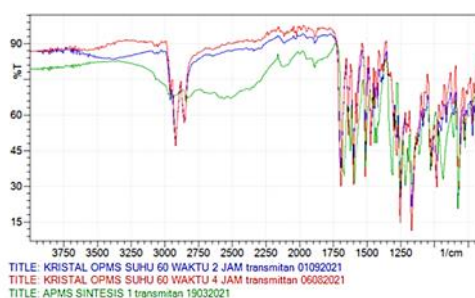
Penggunaan gelombang ultrasonik untuk membantu reaksi adalah salah satu pengembangan sintesis yang lebih ramah lingkungan. Reaktivitas kimia ditingkatkan dengan bantuan gelombang ultrasonik melalui pembentukan dan pecahnya gelembung kavitasi dalam media cair (Gharat and Rathod, 2020). Dari hasil sintesis diperoleh yield sebesar untuk waktu reaksi 2 jam sebesar 47,02 dan waktu reaksi 4 jam 57,13%. Yield reaksi untuk waktu reaksi 4 jam ini lebih besar namun tidak jauh berbeda dari yield sintesis OPMS lewat reaksi esterifikasi konvensional APMS diperoleh dari hidrolisis etil p-metoksisisamat dari rimpang kencur yaitu sebesar 53,98% (Hidajati and Suyatno, 2008). Jika dibandingkan dengan kedua penelitian sebelumnya (Hidajati and Suyatno, 2008; Pratiwi et al., 2018) yang menggunakan metode sintesis konvensional, kedua metode tersebut menggunakan refluks yang menggunakan suhu lebih tinggi (150°C).

Setelah OPMS dipisahkan dari campuran reaksi, kemudian diuji dengan KLT. Nilai Rf yang didapat dengan sistem kromatografi silica gel GF254 dan fase gerak campuran heksana dan etil asetat 4:1 dari kristal hasil sebesar 0,65, menunjukkan hasil hRf yang berbeda dengan APMS yang sebesar 0,03. Hal ini menunjukkan bahwa proses esterifikasi APMS telah berhasil.



Gambar 2. Hasil KLT OPMS Hasil

Struktur senyawa hasil sintesis dikonfirmasi dengan spektroskopi inframerah. Kurva absorbansi inframerah yang muncul dibandingkan dengan serapan senyawa OPMS pada penelitian Suzana, Irawati dan Budiati pada tahun 2011 (Suzana et al., 2011). Pita serapan pada 2919 dan 2851 cm^{-1} menunjukkan vibrasi *stretching* alkil C-H. *Stretching* karbonil ester muncul pada 1692 cm^{-1} . Gugus C=C alkena dan aromatik muncul pada bilangan gelombang 1636, 1603, 1573, dan 1510 cm^{-1} . Vibrasi *stretching* C-O ester ditemukan pada bilangan gelombang 1252 cm^{-1} , Bilangan gelombang 820 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus aromatik yang tersubstitusi pada posisi para (McMurry, 2023b). Analisis dengan instrumen FTIR-ATR menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis memiliki kemiripan dengan senyawa OPMS pada pustaka.

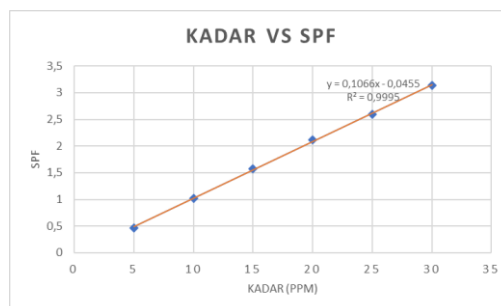


Gambar 3. Spektra IR OPMS

Dari perhitungan SPF secara *in vitro* dengan persamaan Mansur, diperoleh hasil rata-rata nilai SPF sebagai berikut:

Tabel 1. Kadar OPMS dan Nilai SPF

Kadar (ppm)	Rata-rata nilai SPF
5,0	0,4659
10,0	1,0227
15,0	1,5697
20,0	2,1207
25,0	2,5968
30,0	3,1412



Gambar 1. Kadar OPMS dan Nilai SPF

Dari tabel dan gambar di atas terlihat bahwa nilai SPF meningkat seiring dengan naiknya kadar OPMS dengan koefisien korelasi sebesar 0,9995. Menurut kategorisasi proteksi SPF yang diusulkan oleh Schalka dan dos Reis, nilai rendah adalah dengan nilai SPF 2-15, sedang 15-30, tinggi 30-50, maksimum ≥ 50 (Schalka and dos Reis, 2011). Dari keenam kadar dapat terlihat bahwa nilai SPF yang dihasilkan termasuk dalam kategori proteksi minimal dengan nilai tertinggi hanya mencapai 3,1412. Hal ini disebabkan karena kadar OPMS yang digunakan kecil, hanya 5 – 30 ppm . Jika kurva hubungan kadar OPMS dan nilai SPF tersebut diekstrapolasikan, akan ditemukan bahwa untuk mencapai nilai proteksi SPF 15, diperlukan kadar 141,14 ppm. Untuk mencapai nilai proteksi SPF 30, diperlukan kadar OPMS sebesar 281,85 ppm. Untuk mencapai nilai proteksi SPF 50, diperlukan kadar OPMS sebesar 469,47 ppm. Untuk mencapai proteksi tinggi, yaitu nilai SPF ≥ 30 , kadar OPMS yang diperlukan masih kurang dari 0,1%. Kadar untuk mencapai nilai proteksi SPF 30 dari OPMS hasil sintesis lebih rendah dari kadar OPMS yang ditemukan dalam tiga sediaan sunscreen gel komersial yang sebesar 0,155; 0,824%; dan 1,954 % (Rochmiyanti et al., 2023). Jika dibandingkan dengan penelitian oleh Suzana et.al. pada 2011, terlihat bahwa kadar 30 ppm dapat mengurangi tanning akibat sinar matahari (Suzana et al., 2011).

KESIMPULAN

OPMS dapat disintesis dengan metode sonokimia dengan nilai SPF yang dihasilkan oleh OPMS pada rentang kadar 5,0–30,0 ppm sebesar 0,47–3,14 serta perlindungan maksimum memerlukan kadar OPMS setidaknya 141,14 ppm.

SARAN

Perlu dilakukan *scaling-up* pada sintesis OPMS berbantuan gelombang ultrasonik dan dilakukan uji SPF untuk seri kadar OPMS yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Bansode, A.S., Pukale, D.D., Jadhav, N.L., Sayed, U., Pinjari, D.V., (2019), Sonochemical enzymatic esterification of oleic acid and tri-ethanolamine for a fabric softener in textile application, Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, 137, pp. 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.02.013>
- Beaute Haul, (2025), AMATERASUN UV Sunscreen Cream SPF 50+ PA++++ [WWW Document]. AMATERASUN, URL <https://amaterasunofficial.com/en/product/detail/amaterasun-uv-sunscreen-cream-spf-50-pa> (diakses 15 Juni 2025, pukul 9,12).
- Bodyguard Moisturiser Sunscreen Serum Sunproof Monster | Azarine Cosmetic [WWW Document], (2025), Azarine, URL <https://azarinecosmetic.com/p/bodyguard-moisturiser-sunscreen-serum-sunproof-monster> (diakses 15 Juni 2025, 7.33).
- Carasun Solar Smart UV Protector - Lindungi Kulit Tropismu! [WWW Document], (2025), Carasun, URL <https://www.carasunbeauty.com/sunscreen/51690-solar-smart-uv-protector> (diakses 15 Juni 2025, pukul 7.31).
- Chang, C.-C., Teng, S., Yuan, M.-H., Ji, D.-R., Chang, C.-Y., Chen, Yi-Hung, Shie, J.-L., Ho, C., Tian, S.-Y., Andrade-Tacca, C.A., Manh, D.V., Tsai, M.-Y., Chang, M.-C., Chen, Yen-Hau, Huang, M., Liu, B.-L., (2018), Esterification of *Jatropha* Oil with Isopropanol via Ultrasonic Irradiation, Energies, 11, pp. 1456, <https://doi.org/10.3390/en11061456>

- Donglikar, M.M., Deore, S.L., (2016), Development and Evaluation of Herbal Sunscreen. *Pharmacognosy Journal* 9(1), 83–97. <https://doi.org/10.5530/pj.2017.1.15>
- Dutra, E.A., Oliveira, D.A.G.D.C., Kedor-Hackmann, E.R.M., Santoro, M.I.R.M., (2004), Determination of Sun Protection Factor (SPF) of Sunscreens by Ultraviolet Spectrophotometry. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. 40, 381–385. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322004000300014>
- Dwipa, I.B.M.A., Nurlita, F., Tika, I.N., (2014), Optimasi Proses Esterifikasi Asam Salisilat Dengan n-Oktanol, *Jurnal Wahana Matematika dan Sains* 8(1).
- Gharat, N.N., Rathod, V.K., (2020), Ultrasound-Assisted Organic Synthesis, in: Inamuddin, Boddula, R., Asiri, A.M. (Eds.), *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science: Sonochemical Organic Synthesis*, Elsevier.
- Hidajati, N., Suyatno, (2008), Sintesis Senyawa Tabir Matahari n-Oktil Para-Metoksi Sinamat Menggunakan Material Awal Etil Para-Metoksi Sinamat Hasil Isolasi dari Rimpang Kencur (*Kaempferia galanga* L.), *Jurnal Ilmu Dasar* 9(1), 22–27.
- Huang, A.H., Chien, A.L., (2020) Photoaging: a Review of Current Literature. *Current Dermatology Reports* 9(1), pp. 22–29. <https://doi.org/10.1007/s13671-020-00288-0>
- Indriyanti, E., Suryaning P, M., Purwaningsih, Y., Sulistiyanto, F.X., (2022), Temperature Optimization Against P-Methoxycinnamic Acid Synthesis Through Ultrasonic Wave-Assisted Knoevenagel Condensation. *Jurnal Kimia* 16(1), pp. 101. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2022.v16.i01.p13>
- Juwita, R., Syarif, L.R., Tuhuloula, A., (2012), Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Katalisator Asam Terhadap Sintesis Furfural Dari Sekam Padi, *Konversi* 1(1), pp. 34. <https://doi.org/10.20527/k.v1i1.113>
- Malek, M.N.F.A., Hussin, N.M., Embong, N.H., Bhuyar, P., Rahim, M.H.Ab., Govindan, N., Maniam, G.P., (2023), Ultrasonication: a process intensification tool for methyl ester synthesis: a mini review, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(2), pp. 1457–1467. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01100-6>
- Mansur, J.S., Breder, M.N.R., Mansur, M.C.A., Azulay, R.D., (1986), Determinação Do Fator de Proteção Solar por Espectrofotometria. *Anais Brasileiros de Dermatologia* 61(3), pp. 121–124.
- Masri, A.N., Abdul Mutalib, M.I., Yahya, W.Z.N., Aminuddin, N.F., Leveque, J.M., (2020), Rapid esterification of fatty acid using dicationic acidic ionic liquid catalyst via ultrasonic-assisted method, *Ultrasonics Sonochemistry* 60, pp. 104732. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104732>
- McMurry, J., (2023a), Carboxylic Acid Derivatives: Nucleophilic Acyl Substitution Reactions, in: *Organic Chemistry: A Tenth Edition*. OpenStax, Houston, pp. 745–796.
- McMurry, J., (2023b), Structure Determination: Mass Spectrometry and Infrared Spectroscopy, in: *Organic Chemistry: A Tenth Edition*. OpenStax, Houston, pp. 384–416.
- Pratiwi, R., Handayani, R., Pratiwi, S., Maryam, I., Megantara, S., Muchtaridi, M., (2018), Comparison of Esterification and Transesterification Method in Synthesis of Octyl P-Methoxycinnamate (OPMC) from *Kaempferia galanga* L. Rhizome, *RJC* 11, 1618–1623. <https://doi.org/10.31788/RJC.2018.1144036>
- Purwaningsih, Y., Indriyanti, E., Masduqi, A.F., 2022. Synthesis of PMCA (P-Methoxy Cinnamic Acid) using Perkin Reaction and Its Activity as Photo Protective and Antifungal Agent. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia* 7, 138. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v7i2.61294>
- Rajan, R., (2024a), Melanin: The Original Sunscreen, in: *Sunscreens for Skin of Color*, Springer Nature Singapore Pte Ltd, Singapore, pp. 1–17.
- Rajan, R., (2024b), Topical Sunscreening Agents, in: *Sunscreens for Skin of Color*, Springer Nature Singapore Pte Ltd, Singapore, pp. 159–254.
- Rastogi, R.P., Richa, Kumar, A., Tyagi, M.B., Sinha, R.P., (2010), Molecular Mechanisms of Ultraviolet Radiation-Induced DNA Damage and Repair, *Journal of Nucleic Acids* 2010 (1). <https://doi.org/10.4061/2010/592980>
- Rochmiyanti, H., Haresmita, P.P., Syarifuddin, A., Kusumorini, N., 2023. Determination of Octyl Methoxycinnamate Levels on The Face Sunscreen Gel Using UV-Vis Spectrophotometry Method, *Majalah Farmaseutik* 19(4), pp. 535–541.

-
- Schalka, S., dos Reis, V.M.S., (2011), Sun protection factor: meaning and controversies, *Anais Brasileiros de Dermatologia* 86(3), 507–515.
- Shaath, N.A., (2016), The Chemistry of Ultraviolet Filters, in: Wang, S.Q., Lim, H.W. (Eds.), *Principles and Practice of Photoprotection*, Springer International Publishing Switzerland, Switzerland, pp. 143–158.
- SOMETHINC Holyshield! UV Watery Sunscreen Gel SPF 50+ PA++++ [WWW Document], 2025. . SOMETHINC. URL <https://somethinc.com/en/product/detail/holyshield-uv-watery-sunscreen-gel-spf-50-pa> (diakses 15 Juni 2025, pukul 7.27).
- Suzana, S., Irawati, N., Budiati, T., (2011), Synthesis Octyl P-Methoxycinnamate as Sunblock by Transesterification Reaction with the Starting Material Ethyl P- Methoxycinnamate. *Indonesian Journal of Cancer Chemoprevention* 2(2), pp. 217. <https://doi.org/10.14499/indonesianjcanchemoprev2iss2pp217-221>