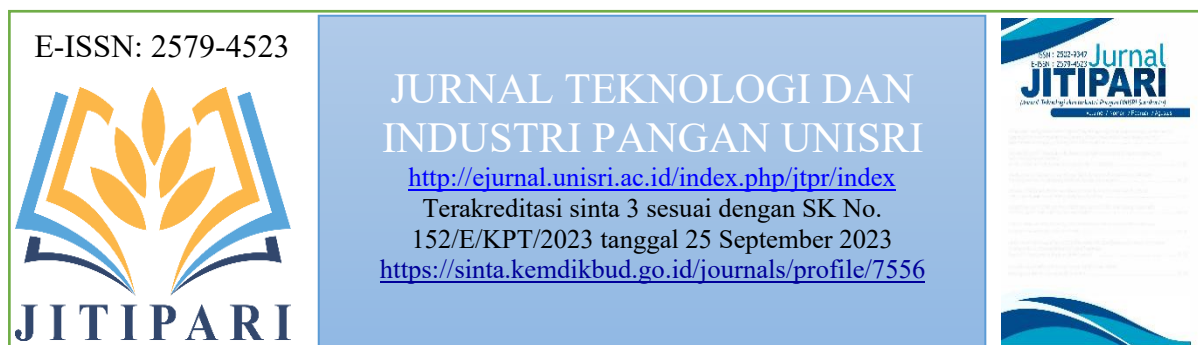




Effect of photooxidation on the antioxidant activity of soybean juice with dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) extract

Pengaruh fotooksidasi terhadap aktivitas antioksidan sari kedelai dengan penambahan ekstrak kulit buah naga (Hylocereus polyrhizus)

Nurhidayah Nusi¹, Suryani Une¹, Yoyanda Bait^{1*}

¹Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo

*Corresponding author: yoyanda.bait@ung.ac.id

Article info

Keywords: Light, irradiation time, oxidation, oxidative deterioration.

Abstract

The susceptibility of high-fat content beverages to oxidation, particularly through photooxidation. This study aimed to investigate the photooxidative effects on the antioxidant activity of soy extract derived from dragon fruit skin (*Hylocereus polyrhizus*), with varying irradiation durations (0, 6, 12, and 24 hours). A completely randomized design (CRD) with one factor, comprising four treatments and three replications, was employed. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), followed by Duncan's test at a 5% significance level. The findings indicated that variations in irradiation duration did not significantly affect the tested parameters. Antioxidant activity over 0 to 24 hours was measured as IC₅₀ 57.21 ppm to 77.56 ppm, peroxide values ranged from 0.67 to 1.67, free fatty acids from 0.47% to 1.30%, and aroma scores from 4.60 to 3.13. The extract from dragon fruit skin demonstrates potential as an alternative antioxidant to inhibit photooxidation.

PENDAHULUAN

Sari kedelai merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari kedelai yang memiliki nilai gizi yang baik untuk tubuh. Sari kedelai adalah minuman yang sangat bergizi karena di dalamnya terdapat kandungan protein (3-4%/100 ml), air (88-94 %), karbohidrat (4-5 g), kalsium (18-25 mg), fosfor (46-76 mg), vitamin B2 (~10-20% RDA/200 ml), dan lemak (1,2 – 4,7 g) (Chikezie et al., 2021; Olías et al., 2023; Stöckl et al., 2024). Salah satu inovasi dari sari kedelai yaitu sari kedelai dengan penambahan ekstrak kulit buah naga. Sari kedelai dengan ekstrak kulit buah naga merupakan salah satu inovasi baru dari produk sari kedelai yang ditambahkan ekstrak kulit buah naga dengan tujuan, untuk mengurangi penggunaan pewarna dan pengawet sintetis. Hal ini dikarenakan pada kulit buah naga terdapat senyawa antosianin yang termasuk dalam golongan flavonoid yang dapat mencegah kerusakan pada produk dan juga bisa berperan sebagai pewarna alami (Wahyuni et al., 2020).

<https://doi.org/10.33061/jitipari.v11i2.12202>

Received December 20, 2025; revised March 27, 2026; accepted April 13, 2026; published June 10, 2026.

Copyright ©2026 the authors. Published by Universitas Slamet Riyadi Surakarta. This is an open access article under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Penelitian tentang sari kedelai dengan penambahan ekstrak kulit buah naga sudah dilakukan. Masyura et al. (2018) pada penelitiannya melaporkan bahwa aktivitas antioksidan yang didapatkan yaitu sebesar 64,737%. Antioksidan pada produk bermanfaat sebagai pengawet alami sehingga produk tidak mudah rusak, akan tetapi kandungan antioksidan tidak selamanya akan ada pada produk atau bahan pangan. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi efektivitas antioksidan dalam menghambat kerusakan produk, diantaranya suhu, panas, paparan cahaya dan keberadaan oksigen.

Cahaya berperan sebagai faktor akselerator dalam kerusakan produk berlemak, karena interaksinya dengan oksigen dapat mempercepat berlangsungnya reaksi oksidasi. Metode yang bisa digunakan untuk mengukur oksidasi yang disebabkan oleh cahaya yaitu metode fotooksidasi (Rumiarsa et al., 2018).

Fotoooksidasi merupakan reaksi yang disebabkan oleh cahaya yang memicu reaksi oksidasi, menyebabkan proses berantai pada minyak atau produk berlemak. Proses ini menyebabkan produk rusak dengan cepat. Saat produk terpapar cahaya, sensitizer menyerap energi cahaya, menyebabkan oksigen triplet tereksitasi. Kemudian selama proses transfer sistem, sensitizer mengalami perubahan menjadi bentuk tereksitasi yang memiliki kapasitas untuk mentransfer energi kepada oksigen dalam keadaan triplet. Akibatnya, oksigen triplet tersebut bertransformasi menjadi oksigen singlet yang lebih reaktif. Oksigen singlet ini selanjutnya mampu bereaksi secara langsung dengan asam lemak tidak jenuh menghasilkan senyawa hidroperoksida sebagai produk awal reaksi oksidasi. (Rumiarsa et al., 2018)

Umumnya sari kedelai yang dijual di supermarket/minimarket diletakkan dalam lemari pendingin. Namun, sari kedelai utamanya rentan terhadap kerusakan akibat oksidasi salah satunya yaitu dari cahaya pada lemari pendingin. Paparan cahaya inilah yang kemungkinan akan memicu terjadinya proses fotooksidasi pada sari kedelai sehingga dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan yang terkandung di dalamnya. Penelitian Rumiarsa et al. (2018) menyatakan bahwa intensitas cahaya memberikan pengaruh signifikan terhadap degradasi minyak kedelai yang mengandung eritrosin 25 ppm serta ekstrak kunyit-asam. Paparan cahaya terang mempercepat kerusakan minyak kedelai secara substansial dengan kecepatan degradasi mencapai 18,5 kali dibandingkan pada kondisi tanpa paparan cahaya. Pada penelitian Wehantouw and Roreng, (2021) didapatkan hasil bahwa aktivitas antioksidan pada minyak *Virgin Coconut Oil* (VCO) yang disinari selama 7 jam dengan menggunakan cahaya fluoresen sebesar 4.500 lux mengalami penurunan menjadi 96,13% dari pencahayaan awal yaitu 98,06%. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Meng *et al.*, (2023), menggunakan paparan cahaya 1.000-4.000 lux, menunjukkan produk susu yang dikemas dengan kemasan *Poliethylene Tetrapack* (PET) mampu mencegah atau mengurangi fotooksidasi. Penelitian Tian et al. (2022) pada susu yang ditambahkan antosianin jagung ungu, sampel yang terpapar cahaya flouresen (1100 - 1300 lux) mampu mencegah fotooksidasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyinaran terhadap aktivitas antioksidan pada sari kedelai yang ditambahkan ekstrak kulit buah naga.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut : Kulit buah naga merah diperoleh dari penjual Buah di pasar tradisional Desa Moutong Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo, Kedelai dibeli di Hypermart Kota Gorontalo, metanol (Sigma-Aldrich, Germany), asam glasiat-kloroform (Sigma-Aldrich, Germany) (3:2), aquades, 0,1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Merck), larutan pati 1%, NaOH (Merck) 0,1N, etanol 95%, indikator pp.

Alat

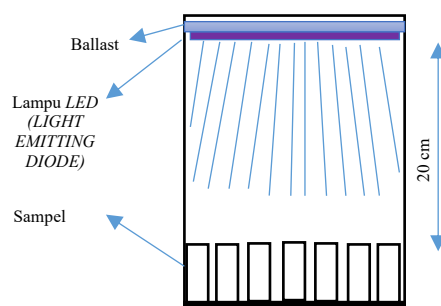
Penelitian ini menggunakan alat sebagai berikut yaitu : Timbangan analitik (PIONEER,PA224), spektrofotometer Uv-Vis (ORION AQUAMATE 8000), lampu neon LED (*Light Emitting Diode*) 1.500 Lux. Pada penelitian ini menggunakan intensitas cahaya ± 1.500 lux yang dihitung menggunakan digital lux meter dengan daya listrik 5 watt hal ini sesuai dengan daya listrik yang digunakan pada lemari pendingin pada umumnya yang menggunakan daya listrik lampu yang kecil. *Refrigerator* merek Polytron, digital *Lux Meter* AS80.

Prosedur Penelitian

Rancangan percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 4 perlakuan lama penyinaran yang berbeda dan diulang 3 kali. Perlakuannya yaitu lama waktu penyinaran yang berbeda yaitu 0 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam.

Rancangan fotooksidasi

Alat dan bahan yang dibutuhkan disiapkan seperti lampu LED (*light emitting diode*), lemari pendingin, ballast dan sampel. Kemudian Ballas dipasang atau ditempelkan pada bagian dalam atas lemari pendingin dengan menggunakan perekat seperti selotip atau lakban hitam. Selanjutnya lampu LED (*Light Emitting Diode*) dipasang pada ballast. Kemudian sampel diletakkan didalam lemari pendingin dengan jarak 20 cm dari lampu LED (*Light Emitting Diode*). Setelahnya pintu lemari pendingin dilapisi dengan aluminium foil untuk mencegah masuknya cahaya lain, selain cahaya dari lampu LED (*Light Emitting Diode*).



Gambar 1. Rancangan fotooksidasi

Pembuatan Sari kedelai ekstrak kulit Buah naga (Masyura et al., 2018)

Tahap awal penelitian meliputi proses pembuatan ekstrak kulit buah naga. Kulit buah naga terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran yang menempel, dicuci kemudian ditiriskan dan ditimbang. Selanjutnya dipotong menjadi ukuran kecil-kecil dan dihomogenisasi menggunakan blender dengan rasio kulit buah naga terhadap air sebesar 1:3 (b/v). Hasil homogenisasi kemudian disaring dengan kain saring untuk memperoleh ekstrak yang selanjutnya ditambahkan ke dalam sari kedelai.

Tahapan berikutnya adalah pembuatan sari kedelai yang diperkaya dengan ekstrak kulit buah naga. Biji kedelai dibersihkan dari kotoran dan direndam selama 6 – 8 jam untuk mempermudah proses pengolahan. Setelah perendaman, kedelai ditiriskan dan dihilangkan kulit arinya. Biji kedelai selanjutnya dihancurkan menggunakan blender dengan perbandingan kedelai terhadap air 1 : 3 (b/v) hingga diperoleh sari kedelai yang homogen. Bubur kedelai kemudian direbus hingga mendidih dengan menggunakan suhu 71,7 °C selama 15 detik dan selanjutnya disaring menggunakan kain saring untuk memperoleh sari kedelai. Sari kedelai didinginkan sampai mencapai suhu ± 50 °C kemudian ditambahkan ekstrak kulit buah naga (80% dari sari kedelai). Selanjutnya sari kedelai dengan ekstrak kulit buah naga disimpan dalam lemari pendingin yang telah dimodifikasi dan disinari sesuai perlakuan.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah aktivitas antioksidan (Loan *et al.*, 2025), bilangan peroksida (Horwitz, 2005), kadar asam lemak bebas (Horwitz, 2005), uji organoleptik (Setyaningsih *et al.*, 2014). Pengujian organoleptik dilakukan dengan uji hedonik (skala 1-7) menggunakan 15 orang panelis terlatih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Antioksidan

Berdasarkan perhitungan *Inhibitory Concentration* 50 (IC50) diketahui sari kedelai dengan penambahan ekstrak kulit buah naga dengan variasi lama waktu penyinaran memiliki aktivitas antioksidan kuat. Pada perlakuan tanpa penyinaran memiliki nilai IC50 sebesar 57,21 ppm, pada perlakuan penyinaran 6 jam mengalami kenaikan yaitu sebesar 61,93 ppm. Kemudian pada perlakuan penyinaran 12 jam memiliki nilai IC50 sebesar 74,41 ppm dan pada perlakuan 24 jam penyinaran memberikan nilai 77,56 ppm. Kandungan antioksidan pada ekstrak kulit buah naga pada penelitian ini yaitu 45,67 ppm (Tabel 1).

Tabel 1. Data stabilitas oksidatif dan sensori sari kedelai dengan ekstrak kulit buah naga dengan lama penyinaran yang berbeda

Lama Penyinaran (jam)	Parameter			
	Aktivitas antioksidan IC50 (ppm)	Angka Peroksida mEq O2/kg	Asam lemak bebas (%)	Aroma
0	57,21 $\pm$ 1,65 ^a	0,67 $\pm$ 0,17 ^a	0,47 $\pm$ 0,17 ^a	4,6 $\pm$ 0,73 ^a
6	61,93 $\pm$ 1,85 ^b	1 $\pm$ 0,00 ^{ab}	0,74 $\pm$ 0,12 ^a	4,2 $\pm$ 0,68 ^{ab}
12	74,41 $\pm$ 1,62 ^c	1,22 $\pm$ 0,5 ^{bc}	1,02 $\pm$ 0,35 ^{ab}	3,8 $\pm$ 0,68 ^{bc}
24	77,56 $\pm$ 0,96 ^d	1,67 $\pm$ 0,58 ^c	1,3 $\pm$ 0,35 ^c	3,1 $\pm$ 0,74 ^c

Menurunnya aktivitas antioksidan ini diduga disebabkan akibat paparan cahaya yang digunakan. Paparan cahaya akan membentuk radikal bebas yang lebih banyak sehingga aktivitas antioksidannya menurun, namun pemaparan cahaya dari 0 sampai 24 jam menunjukkan aktivitas antioksidan sari kedelai ekstrak kulit buah naga masih cukup kuat, karena antioksidan yang terkandung didalam produk yaitu antosianin masih bisa memerangkap radikal bebas dengan cukup kuat. Dari penyinaran awal yaitu 0 jam hingga 24 jam aktivitas antioksidan mengalami penurunan sebanyak 20,35%.

Penelitian Tian et al. (2022) pada susu yang ditambahkan antosianin jagung ungu, sampel yang terpapar cahaya flouresen (1100 - 1300 lux) mengalami penurunan aktivitas antioksidan dan peningkatan radikal bebas selama penyimpanan dibandingkan kelompok sampel yang terlindungi dari cahaya. Penurunan aktivitas antioksidan sari kedelai dengan penambahan kulit buah naga diduga diakibatkan karena degradasi antosianin akibat cahaya. Paparan cahaya mempercepat degradasi pigmen dan menurunkan kapasitas antioksidan dalam minuman berwarna antosianin. Pada minuman isotonik, penyimpanan di bawah paparan cahaya memperpendek waktu paruh antosianin dari ~ 27 – 32 hari (gelap) menjadi ~ 11 hari (terang) (Estupiñan et al., 2011).

Bilangan Peroksida

Kenaikan nilai bilangan peroksida diduga disebabkan oleh variasi lama waktu penyinaran. Nilai bilangan peroksida yang dihasilkan yaitu berkisar 0,67-1,67 meq/g. Pada sampel sari kedelai dengan ekstrak kulit buah naga tanpa penyinaran memberikan hasil bilangan peroksida terendah yaitu sebanyak 0,67 meq/g. Sedangkan nilai peroksida pada penyinaran 6 jam dan 12 jam dengan nilai 1,00 meq/g dan 1,22 meq/g mengalami peningkatan. Penyinaran yang dilakukan selama 24 jam memberikan nilai bilangan peroksida tertinggi dibandingkan perlakuannya lainnya yaitu dengan nilai 1,67 meq/g. Hasil penelitian ini masih memenuhi standar SNI 3741: 2013 (SNI minyak goreng) yaitu maksimal 10 meq /g (Tabel 1).

Sari kedelai mengandung asam lemak tidak jenuh yang mudah sekali teroksidasi. Adanya cahaya sebagai oksidator selama penyimpanan menyebabkan terjadinya proses fotooksidasi akibat adanya senyawa yang bersifat fotosensitizer dalam sari kedelai. Menurut Yang *et al.*, (2022), sari kedelai mengandung riboflavin yang mampu menyerap cahaya dan memicu fotooksidasi lemak dan fitosterol pada emulsi sari kedelai. Walaupun proses fotooksidasi terjadi pada penelitian ini, namun angka peroksida yang dihasilkan tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Hasil ini sejalan dengan penelitian Meng *et al.*, (2023) pada susu yang dikemas dan diberi intensitas cahaya yang berbeda. Rendahnya angka peroksida yang terbentuk karena sebagian peroksida terdekomposisi menjadi produk oksidasi sekunder (aldehid, keton dan alkohol). Intensitas cahaya ± 1.500 lux dinilai sedang jika dibandingkan dengan intensitas cahaya yang digunakan oleh Wehantouw & Roreng, (2021) yaitu sebesar 4.500 lux selama 7 jam dan penelitian Rumiarsa et al. (2018), yaitu sebesar 3000 lux dengan lama pemaparan 4 jam. Hal ini didasarkan pada penelitian Meng et al. (2023) yang memperoleh hasil terbaik dalam mencegah kerusakan susu akibat cahaya dengan perlakuan intensitas 1000-1500 lux.

Uji asam lemak bebas (ALB)

Asam lemak bebas merupakan fraksi asam lemak yang berada dalam bentuk teresterifikasi dan tidak terikat struktur trigliserida. Senyawa ini umumnya terbentuk sebagai

hasil reaksi hidrolisis dan oksidasi lipid, yang selanjutnya dapat berasosiasi dengan komponen minyak netral dalam sistem. Kadar asam lemak bebas digunakan sebagai parameter untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terlepas dari ikatan ester dalam molekul trigliserida. Penentuan nilainya umumnya didasarkan pada jenis asam lemak dominan yang terkandung dalam minyak yang dianalisis (Medeiros Vicentini-Polette et al., 2021).

Asam lemak bebas (ALB) pada sari kedelai dengan ekstrak kulit buah naga mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu penyinaran. Nilai asam lemak bebas yang dihasilkan yaitu berkisar 0,47-1,30%. Pada sampel sari kedelai dengan ekstrak kulit buah naga tanpa penyinaran memberikan hasil asam lemak bebas terendah yaitu sebanyak 0,47%. Kemudian mengalami peningkatan pada penyinaran 6 jam dan 12 jam dengan nilai 0,74 % dan 1,02%. Penyinaran yang dilakukan selama 24 jam memberikan nilai asam lemak bebas tertinggi dibandingkan perlakuannya lainnya yaitu dengan nilai 1,30%. Menurut standar Nasional Indonesia (SNI) nilai ALB maksimum 3% (FS Deisberanda et al., 2019), berdasarkan hal tersebut maka nilai % ALB masih memenuhi syarat (Tabel 1).

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh perlakuan penyinaran selama 12 dan 24 jam menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Perbedaan ini dipengaruhi oleh durasi penyinaran yang diberikan mengakibatkan peningkatan waktu paparan cahaya berbanding lurus dengan kenaikan kadar asam lemak bebas yang dihasilkan. Makin tinggi kandungan asam lemak bebas, makin besar tingkat kerusakan yang terjadi pada produk. Nilai asam lemak bebas yang tinggi mengindikasikan berlangsungnya reaksi oksidasi selama proses penyinaran. Reaksi oksidatif tersebut memicu degradasi asam lemak yang disertai dengan transformasi hidroperoksida menjadi senyawa turunan seperti aldehid dan keton serta peningkatan jumlah asam lemak bebas (Irawan et al., 2013). Semakin lama waktu penyinaran yang dilakukan maka semakin lama juga reaksi oksidasi yang terjadi sehingga aldehid, keton dan asam lemak bebas semakin banyak terbentuk sehingga akan meningkatkan nilai asam lemak pada produk. Semakin tinggi nilai asam lemak bebas yang dihasilkan maka menunjukkan bahwa produk mengalami kerusakan. Hal ini sesuai dengan Uçar *et al.*, (2024) dan Medeiros Vicentini-Polette et al. (2021) yang menyatakan bahwa kandungan asam lemak bebas tinggi dalam minyak atau produk berlemak mencerminkan terjadinya degradasi mutu bahan tersebut. Penelitian Romano et al. (2021) dan Li et al. (2022), yang menunjukkan bahwa pembentukan asam lemak bebas diduga dipengaruhi oleh nilai bilangan peroksida yang terbentuk selama proses oksidasi. Oleh karena itu, bilangan peroksida banyak digunakan sebagai indikator mutu utama dalam evaluasi umur simpan sekaligus penilaian kualitas suatu produk. Asam lemak bebas terbentuk sebagai hasil hidrolisis trigliserida, dan proses ini sering terjadi bersamaan dengan oksidasi (Shen et al., 2021; Suárez-Medina *et al.*, 2024). Ketika bilangan peroksida meningkat, itu menandakan bahwa produk berada dalam kondisi tidak stabil, yang dapat mempercepat hidrolisis dan peningkatan asam lemak bebas yang terbentuk. Proses ini saling mempengaruhi, menyebabkan peningkatan jumlah peroksida dan asam lemak bebas.

Uji organoleptik aroma

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapat bahwa nilai yang diberikan oleh panelis terhadap aroma sari kedelai dengan ekstrak kulit buah naga menunjukkan penurunan. Nilai aroma yang diperoleh yaitu berkisar antara 4,60-3,13 (suka – agak tidak suka). Perlakuan 0 jam memiliki nilai tertinggi yaitu dengan nilai 4,60 (suka), dan perlakuan dengan penggunaan

lama waktu penyinaran 24 jam menghasilkan nilai terendah yaitu 3,13 (agak tidak suka). Kemudian pada perlakuan lama penyinaran 6 jam dan 12 jam memiliki nilai aroma 4,20 (netral) dan 3,80 (netral). Berdasarkan hasil yang diperoleh produk tanpa penyinaran dan penyinaran 0 dan 6 jam masih bisa diterima oleh panelis karena masih berada pada standar SNI-3830-1995 mengenai sari kedelai, yaitu menghasilkan aroma yang normal. Sedangkan pada produk lama waktu penyinaran 12 dan 24 jam sudah menunjukkan bau tengik (Tabel 1).

Seiring dengan bertambahnya durasi penyinaran, produk hasil fotooksidasi menunjukkan munculnya aroma menyengat yang makin intens, terutama pada perlakuan dengan paparan cahaya selama 24 jam. Fenomena ini menjadi salah satu indikator terjadinya reaksi oksidasi dalam sistem. Pembentukan senyawa peroksida dan hidroperoksida selama proses tersebut selanjutnya mengalami dekomposisi menjadi senyawa seperti aldehid, keton dan alkohol sebagai akibat paparan energi cahaya yang tinggi. (Meng et al., 2023).

Hasil ini mirip dengan penelitian Tian et al. (2022) yang menunjukkan bahwa susu yang tanpa pemberian antosianin dan terpapar cahaya menunjukkan penurunan skor sensorinya selama penyimpanan (*off flavor*). Pada sampel yang ditambahkan antosianin dan terpapar cahaya juga menunjukkan penurunan namun tidak signifikan.

Paparan cahaya diketahui dapat memicu terjadinya fotodegradasi pada lemak dan minyak. Proses ini berpotensi menguraikan trigliserida menjadi asam lemak bebas serta berbagai senyawa volatil yang berkontribusi terhadap timbulnya aroma tengik, meskipun pembentukan peroksida tidak selalu terdeteksi dalam jumlah yang signifikan. (Oyem & Oyem, 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yaitu fotooksidasi dengan perlakuan variasi lama penyinaran memberikan pengaruh terhadap parameter yang di ujikan. Aktivitas antioksidan mengalami penurunan yang awalnya 57,21 ppm menjadi 77,56 ppm. Nilai peroksida dan asam lemak bebas mengalami peningkatan yaitu menjadi 0,67-1,67 meq/gram dan 0,47%-1,30%. Pada penilaian organoleptik rasa menunjukkan penurunan juga yang awalnya 4,60 menjadi 3,13. Dari hasil-hasil yang diperoleh ini menunjukkan fotooksidasi memberikan pengaruh terhadap kerusakan yang terjadi pada produk. Berdasarkan hasil pengujian aktivitas antioksidan, bilangan peroksida, kadar asam lemak bebas dan uji organoleptik aroma, perlakuan terbaik yaitu penyinaran 6 jam, yang masih bisa mempertahankan kualitas susu kedelai dengan penambahan ekstrak kulit buah naga. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian pH, warna dan viskositas serta umur simpan dari produk susu kedelai yang ditambahkan ekstrak kulit buah naga.

DAFTAR PUSTAKA

- Chikezie, S., Linus-Chibuezeh, A., Abasiokong, S., & Okwunodulu, I. (2021). Evaluation of vegetable milk from milk blends of soybean (*Glycine max.*) and African breadfruit seeds (*Treculia africana*). *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 78–89. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2021.13.1.10>
- Estupiñan, D. C., Schwartz, S. J., & Garzón, G. A. (2011). Antioxidant Activity, Total Phenolics Content, Anthocyanin, and Color Stability of Isotonic Model Beverages

- Colored with Andes Berry (*Rubus glaucus* Benth) Anthocyanin Powder. *Journal of Food Science*, 76(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01935.x>
- Horwitz, W. (Ed.). (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18. ed). AOAC International.
- Irawan, C., Awalia, T. N., & W.P.H, S. U. (2013). Pengurangan kadar asam lemak bebas (Free Fatty Acid) dan warna dari minyak goreng bekas dengan proses adsorpsi menggunakan campuran serabut kelapa dan sekam padi. *Konversi*, 2(2), 28. <https://doi.org/10.20527/k.v2i2.82>
- Li, L., Li, X., Gao, G., Yan, Y., Wang, X., Tang, Y., Jiang, Y., & Li, X. (2022). A kinetic model for predicting shelf-life of fresh extruded rice-shaped kernels (FER). *Grain & Oil Science and Technology*, 5(4), 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.09.001>
- Loan, L. T. K., Thao, L. T. N., Vinh, B. T., Mansamut, C., & Tai, N. V. (2025). Enhancing antioxidant extraction efficiency from red dragon fruit peel by green approach using novel optimization technique. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 11, 100474. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2025.100474>
- Masyura, M., Nusa, Mhd. I., & Prasetya, D. (2018). Aplikasi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Pada Pembuatan Susu Kedelai (*Hylocereus polyrhizus*). *Agrintech: Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 2(1), 5–13. <https://doi.org/10.30596/agrintech.v2i1.2544>
- Medeiros Vicentini-Polette, C., Rodolfo Ramos, P., Bernardo Gonçalves, C., & Lopes De Oliveira, A. (2021). Determination of free fatty acids in crude vegetable oil samples obtained by high-pressure processes. *Food Chemistry: X*, 12, 100166. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100166>
- Meng, F., Wang, J., Han, Z., Wang, Y., Fu, C., Chen, C., Kelly, A. L., & Wang, B. (2023). Effect of the light intensity and packaging materials on the photooxidation and volatile compounds in milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 120, 105358. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105358>
- Oliás, R., Delgado-Andrade, C., Padial, M., Marín-Manzano, M. C., & Clemente, A. (2023). An Updated Review of Soy-Derived Beverages: Nutrition, Processing, and Bioactivity. *Foods*, 12(14), 2665. <https://doi.org/10.3390/foods12142665>
- Oyem, H. H., & Oyem, I. M. (2024). Interaction of edible vegetable oils with visible light: Implications for food quality. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 10(3b), 343–354. <https://doi.org/10.4314/dujopas.v10i3b.33>
- Romano, R., Filosa, G., Pizzolongo, F., Durazzo, A., Lucarini, M., Severino, P., Souto, E. B., & Santini, A. (2021). Oxidative stability of high oleic sunflower oil during deep-frying process of purple potato Purple Majesty. *Heliyon*, 7(3), e06294. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06294>
- Rumiarsa, K., Suhendra, L., & Suwariani, N. P. (2018). Peranan Kunyit asam sebagai antioksidan pada fotooksidasi minyak kedelai. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 6(3), 225–233.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., & Sari, M. P. (2014). *Analisis Sensori untuk industri pangan dan argo*. IPB Press.
- Shen, Q., Zhang, Z., Emami, S., Chen, J., Leite Nobrega De Moura Bell, J. M., & Taha, A. Y. (2021). Triacylglycerols are preferentially oxidized over free fatty acids in heated soybean oil. *Npj Science of Food*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00086-3>
- Stöckl, M., Pferdmenges, L. E., Brühl, L., Greiner, R., Hüskén, A., Krüger, R., Langenkämper, G., Lencioni, A., Müller, A., Schmidt, M., Sciurba, E., Soukup, S. T., & Frommherz, L. (2024). Characterization of the nutritional profile of three plant-based drinks. *Journal of Food Composition and Analysis*, 135, 106553. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106553>

- Suárez-Medina, M. D., Sáez-Casado, M. I., Martínez-Moya, T., & Rincón-Cervera, M. Á. (2024). The Effect of Low Temperature Storage on the Lipid Quality of Fish, Either Alone or Combined with Alternative Preservation Technologies. *Foods*, 13(7), 1097. <https://doi.org/10.3390/foods13071097>
- Tian, X.-Z., Wang, X., Ban, C., Luo, Q.-Y., Li, J.-X., & Lu, Q. (2022). Effect of Purple Corn Anthocyanin on Antioxidant Activity, Volatile Compound and Sensory Property in Milk During Storage and Light Prevention. *Frontiers in Nutrition*, 9, 862689. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.862689>
- Uçar, B., Gholami, Z., Svobodová, K., Hradecká, I., & Hönig, V. (2024). A Comprehensive Study for Determination of Free Fatty Acids in Selected Biological Materials: A Review. *Foods*, 13(12), 1891. <https://doi.org/10.3390/foods13121891>
- Wahyuni, S., Saati, E. A., Winarsih, S., Susetyarini, E., & Rochmah, T. W. (2020). The combination of dragon fruits skin and teak leaves anthocyanin extract as soymilk's natural dye. *IRAQI JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES*, 51(4), 1188–1194. <https://doi.org/10.36103/ijas.v51i4.1097>
- Wehantouw, & Roreng, M. K. (2021). Pengaruh Fotooksidasi Terhadap Aktivitas Antioksidan Virgin Coconut Oil. *Chemistry Progress*, 14(2), 124. <https://doi.org/10.35799/cp.14.2.2021.37288>
- Yang, B., Xu, T., Liu, Y., Zhao, T., Xiao, F., & Lu, B. (2022). Impact of photosensitizers and light wavelength on photooxidation of phytosterols in soymilk emulsions. *Food Research International*, 158, 111508. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111508>