



Original Article

OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI THEAFLAVIN DARI FERMENTASI DAUN TEH DENGAN PANCARAN SINAR UV

M. Makhdum I*, M. Endy Yulianto

Industrial Chemical Engineering, Vocational School, Diponegoro University, Indonesia

Article Info

Keywords:
Theaflavin, Tea
Fermentation, Extraction,
UV Light.

ABSTRACT

[Title: Optimization of Theaflavin Extraction Process from Tea Leaf Fermentation Method With UV Light Emission]. Theaflavins are the results obtained in experiments with theaflavin variables with UV light, with an extraction time of 20 minutes at a temperature of 23,786 oC the theaflavin content obtained is 0.703 %, while for extraction with a time of 35 minutes 45 oC the theaflavin content is 0.939 %, and extraction with a time of 63,284 with 66,213 oC minutes obtained theaflavin content of 0.336%, at the time of extraction time of 63,284 minutes there was a decrease, this is because the longer fermentation time causes changes in theaflavin bioactive compounds into bioactive compounds thearubigin. These results indicate that UV light has a significant

© 2021 JPV: Jurnal Pengabdian Vokasi Universitas Diponegoro

1. Pendahuluan

Berdasarkan tingkat fermentasi yang berbeda selama proses pembuatan teh, teh secara sederhana dapat dibagi menjadi tiga jenis utama: teh hijau (tidak difermentasi) yang dihasilkan dari daun teh segar dan oksidasi enzimatis dihambat dengan mengukus atau menggoreng teh olong (terfermentasi sebagian) yang dibuat dengan daun segar yang layu oleh matahari, lalu sedikit memar dan teh hitam (terfermentasi penuh) dibuat dengan menghancurkan daun teh untuk melepaskan polifenol oksidase dan peroksidase untuk sepenuhnya mengkatalisis oksidasi enzimatis dan polimerisasi katekin teh asli (Tanaka dkk.,).

Komponen terpenting yang berpengaruh terhadap kualitas seduhan teh adalah theaflavin dan thearubigin yang merupakan hasil oksidasi enzimatis senyawa-senyawa polifenol. Bersama bisflavanol, theaflavin merupakan hasil oksidasi yang terbentuk. Theaflavin dalam seduhan teh memberi warna kuning dan sifat agak asam (Krisna dkk., 2015).

Sebagian besar flavanoin/polyphenol di daun teh terdiri atas katekin seperti epicatechin (EC), *epicatechin gallate* (EGC), *epicatechin gallate* (ECG) dan *epigallocatechin gallate* (EGCG). *Epicatechin* (EC) dan *epigallocatechin* (EGC) memunculkan rasa sedikit sepet (pahit) dengan sedikit manis setelah diminum, sedangkan bentuk gallatannya (EGC dan EGCG), memunculkan rasa sepet yang kuat, senyawa-senyawa katekin tersebut mempunyai manfaat karena (Yu dkk., 2020).

Pembuatan theaflavin dari the dapat dilakukan dengan cara memberi larutan buffer pada daun teh segar yang sudah dihancurkan dalam sebuah tangki fermentor dengan pemberian oksigen pada konsentrasi tertentu dan dengan penambahan sinar UV sehingga dapat mempersingkat waktu fermentasi untuk menghasilkan. Namun demikian, produk theaflavin yang dihasilkan masih dalam bentuk produk dengan tingkat kemurnian rendah akibat masih banyak campuran lainnya baik dari bahan bakunya maupun dari bahan pendukung oksidasinya. Untuk meningkatkan kemurnian, produk yang sudah terbentuk perlu dilakukan proses ekstraksi yang tepat sehingga dapat dihasilkan theaflavin yang tinggi asam (Shabrina dkk., 2017).

* Corresponding author:

E-mail addresses: makhdumi845@gmail.com

2. Metodologi

2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan untuk membuat teaflavin adalah daun teh yang diperoleh dari kebun teh PT. Rumpun Sari Medini-Limbangan Kendal varietas assamica. Sedangkan bahan pembantunya

2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah beaker glass, corong pemisah, kompor listrik, Sinar UV, blender, fermentor berpengaduk, gelas ukur, dan neraca

2.3 Metode

Pada penelitian ini menggunakan metode Ekstraksi konvensional dengan pancaran sinar UV

2.3.1. Variabel Tetap

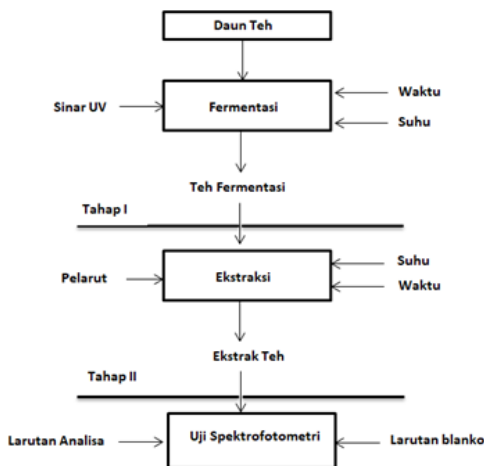
Variabel tetap yang digunakan adalah berupa massa Daun Teh yang sudah difermentasi sebanyak 20 gr, Panjang Gelombang 460 nm, methanol 25 ml, dan etil asetat sebanyak 60 ml dan 5 ml, sinar UV 20 menit, 35 menit dan 60

2.3.2. Variabel Bebas

Variabel Bebas yang digunakan adalah suhu operasi sebesar 30 °C, 45 °C, 60 °C, waktu Ekstraksi 20 menit, 35 menit, 60 menit.

2.3.3. Proses Penelitian

Proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. menentukan nilai Theaflavin yang terkandung pada daun teh



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Ekstraksi

Hasil ekstraksi ini berupa cair, Ekstrak cair yang telah diperoleh berwarna coklat, dapat dilihat pada Gambar 2. semakin lama waktu ekstraksi maka cairan ekstrak yang dihasilkan akan semakin keoklatan. Diduga semakin coklat warna ekstrak maka semakin banyak juga senyawa target yang terekstrak, termasuk senyawa target yaitu Theaflavin.



Gambar 2. Hasil Ekstraksi

Pada dasarnya lama waktu ekstraksi mempengaruhi proses pendapatan senyawa target, sekaligus dalam proses degradasi senyawa target sehingga apabila terlalu lama dalam proses ekstraksi dapat menyebabkan terbentuknya thearubigin sehingga hasil theaflavin yang diperoleh menjadi lebih sedikit

3.2 Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap %Theaflavin

Dimana Presentase Theaflavin diperoleh dari teh yang difermentasi dan telah di ekstraksi dengan pancaran sinar UV. Pada Analisa Spektrofotometer UV mendapatkan 3 hasil terbaik dari 10 percobaan. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Waktu

Waktu Ekstraksi (menit)	%Theaflavin
20	0,703
35	0,939
63,284	0,336

Pada percobaan dengan variabel Theaflavin dengan pancaran sinar UV, dengan waktu ekstraksi sebesar 20 menit diperoleh kadar theaflavin sebesar 0,703 %, sedangkan untuk ekstraksi dengan waktu 35 menit diperoleh kadar theaflavin sebesar 0,939 %, dan ekstraksi dengan waktu 63,284 menit diperoleh kadar theaflavin sebesar 0,336 %, jika dilihat pada grafik kadar theaflavin diatas menunjukkan hasil pada waktu ekstraksi 63,284 menit terjadi penurunan, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu fermentasi menyebabkan perubahan senyawa bioaktif theaflavin menjadi senyawa bioaktif thearubigin.

Lama tidaknya proses fermentasi (oksidasi enzimatis) dan pancaran sinar UV sangat menentukan besar kecilnya kandungan theaflavin. Dengan waktu proses yang lebih lama, kandungan thearubigin akan jauh lebih besar dari pada menjadi theaflavin. Karena dengan oksidasi enzimatis maupun kimia, theaflavin akan berubah menjadi thearubigin (Shabrina dkk., 2017) .

3.3 Pengaruh Suhu Terhadap %Theaflavin

Seperti Seperti Studi pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk menentukan temperature yang relatif baik pada proses ekstraksi daun teh yang telah difermentasi. Temperatur ini divariasikan pada rentang suhu 20 – 60 °C, berdasarkan jurnal-jurnal atau publikasi yang telah ada. Hasil telaah dari Laboratorium tersaji pada gambar 3. hasil ini menunjukkan bahwa dengan adanya kenaikan suhu berbanding lurus dengan kenaikan kadar theaflavin. Hal ini terjadi karena katekin yang teroksidasi apat mengalami kondensasi membentuk suatu variasi senyawa kompleks yang disebut theaflavin menurut (Rohdiana 1999).

Tabel 1. Pengaruh Waktu

Suhu	%Theaflavin
23,786	0,642
45	0,703
66,213	0,757

Reaksi oksidasi enzim polifenol dengan katekin

yang teroksidasi menyebabkan oksidasi secara non enzimatis dan membentuk theaflavin disajikan pada gambar 7. yang merupakan reaksi terpenting yang terjadi selama oksidasi enzimatik polifenol teh, hal tersebut sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan hubungan aktivitas terhadap temperature, yaitu :

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Dalam hubungan ini, K adalah aktivitas enzim polifenol pada saat temperatur T, Ae. adalah aktivitas enzim polifenol saat temperatur acuan, -Ea adalah energi aktivasi realisi oksidasi katekin, R adalah temperatur gas, dan T adalah temperatur proses penetrasi uap panas dengan enzim polifenol ke dalam sitoplasma. Peningkatan temperatur akan menyebabkan penurunan aktivitas katalitik enzim polifenol oksidase. Hal ini membuktikan bahwa persamaan Arrhenius ini dibatasi oleh peristiwa denaturasi enzim.

Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur enzim. Akibatnya enzim menjadi inaktivasi dan proses oksidasi katekin menjadi terhambat. Akan tetapi, kenaikan temperatur lebih lanjut akan menyebabkan uap panas menembus dinding membran tonoplas, akibatnya menyebabkan degradasi termal katekin membentuk senyawa theaflavin. Dapat dilihat hasil pada Tabel 2. dimana berbanding lurus antara suhu dengan hasil theaflavin.

3.4 Analisa Kadar Theaflavin menggunakan Response Surface Methodology (RSM)

Banyak penelitian yang sudah menggunakan metode RSM (Response Surface Methodology) dalam menentukan optimasi suatu metode dalam perancangan, desain, ataupun analisis. RSM adalah desain dan model yang bekerja dengan berbagai treatment secara terus menerus ketika menemukan nilai optimum atau menggambarkan respon sesuai tujuan (Hinkelmann dan Kempthorne, 2005) Tujuan utama dari RSM adalah untuk menemukan respon optimal. Pada analisa kadar theaflavin ini menggunakan metode RSM untuk menentukan nilai optimal dari proses ekstraksi daun teh, untuk penelitian ini menggunakan central composite design untuk memberikan respon berupa kadar theaflavin.

Tabel 3. Data Tabulasi Kadar Teaflavin

Waktu (Menit)	Suhu (°C)	%TF
20	30	0.703
60	30	0.772
20	60	0.366
60	60	0.914
35	23.786	0.757
35	66.213	0.939
6.7157	45	0.703
63.284	45	0.336
35	45	0.535
35	45	0.535

Pada tabel 3. dapat dilihat hasil ekstraks daun teh dengan varibel suhu dan waktu fermentasi

diperoleh kandungan theaflavin pada hasil maksimum sekitar 0,9389% dengan suhu 66,213 °C dan waktu ekstraksi 35 menit, sedangkan hasil minimum kandungan theaflavin yang diperoleh sekitar 0,336 % dengan suhu 45 °C selama 63,284 menit. Sehingga dapat diartikan bahwa hasil maksimum kandungan theaflavin yang dihasilkan dipengaruhi oleh waktu dan suhu yang optimal yaitu suhu 35 °C dan waktu ekstraksi 66,213 menit.

Sedangkan hasil minimum kandungan theaflavin dipengaruhi oleh waktu ekstraksi yang lama dan suhu yang tinggi, hal ini dikarenakan semakin lama waktu ekstraksi menyebabkan degradasi yaitu perubahan senyawa bioaktif theaflavin menjadi senyawa bioaktif thearubigin sehingga kandungan theaflavin.

Pengaruh variabel terhadap respons dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi polinomial orde satu. Sedangkan estimasi pengaruh ditunjukkan pada Tabel 3. Persamaan orde satu memberikan data pengaruh laju alir oksigen (x) dan waktu fermentasi (y) sehingga persamaannya menjadi Z(x,y) sebagai berikut:

$$z = 2.012589892343.093052668085401 * x + 0.001053593856 8568 * x^2 + 0.0014388180974477 * y + 0.0000109376401693 7 * y^2 + 0.000115625 * x * y + 0.$$

Model regresi diatas menunjukkan bahwa laju alir (x) berpengaruh positif terhadap kadar theaflavin. Sedangkan waktu ekstraksi (y) berpengaruh negative terhadap kadar theaflavin. Dapat dilihat pada Tabel 4. Berikut :

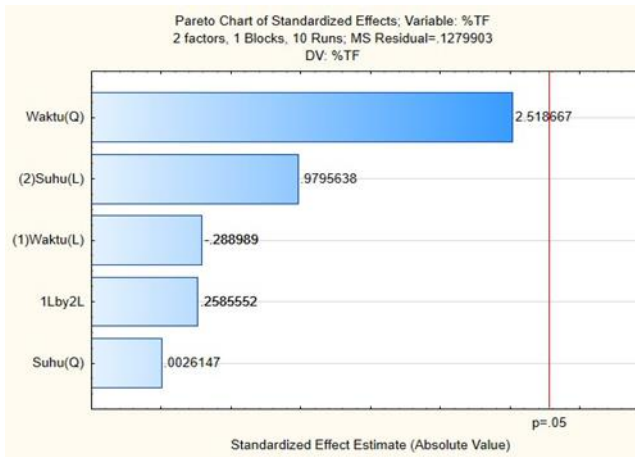
Tabel 4. Effect Estimasi Pengaruh Ekstraksi

Effect Estimates; Var.:%TF; R-sqr=.6893; Adj.30092 (Spreadsheet1)
2 factors, 1 Blocks, 10 Runs; MS Residual=.1279903
DV: %TF

Factor	Effect	Std.Err.	t(4)	p	-95. % Cnf.Limt	+95. % Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95. % Cnf.Limt	+95. % Cnf.Limt
Mean/Interc.	0.344000	0.252973	1.359831	0.245483	-0.358365	1.046364	0.344000	0.252973	-0.358365	1.046364
(1)Waktu (L)	-0.073106	0.252973	-0.288989	0.786948	-0.775471	0.629258	-0.036553	0.126486	-0.387735	0.314629
Waktu (Q)	0.842875	0.334651	2.518667	0.065450	-0.086266	1.772016	0.421438	0.167326	-0.043133	0.886008
(2)Suhu (L)	0.247803	0.252973	0.979564	0.382765	-0.454562	0.950167	0.123901	0.126486	-0.227281	0.475084
Suhu (Q)	0.000875	0.334651	0.002615	0.998039	-0.928266	0.930016	0.000438	0.167326	-0.464133	0.465008
1L by 2L	0.092500	0.357757	0.258555	0.808738	-0.900793	1.085793	0.046250	0.178879	-0.450397	0.542897

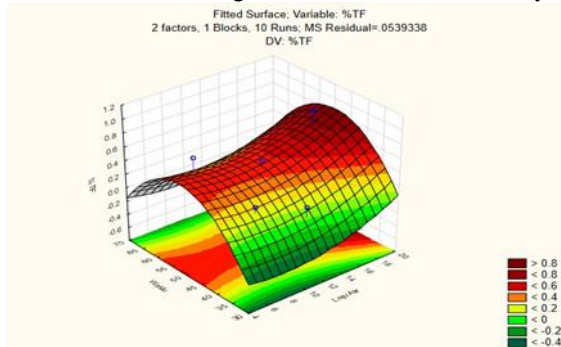
Pada Tabel 4. diatas menjelaskan bahwa terdapat kedekatan model dan data eksperimen pada nilai observasi dan prediksi , kemudian pada Gambar 3. mengilustrasikan diagram pareto dari efek standar. Hal ini menunjukkan bahwa waktu ekstraksi merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap fermentasi daun teh untuk produksi theaflavin. Pada proses ekstraksi daun teh, waktu memberikan peran penting dalam pembentukan serta penurunan kandungan senyawa theaflavin.

Dari data yang sudah diperoleh dan dianalisa dapat dibuat diagram pareto dan plot kontur untuk membantu mengidentifikasi faktor-faktor signifikan yang memberikan efek pada kadar theaflavin yang dihasilkan dari percobaan. Untuk diagram Pareto dapat dilihat pada Gambar 3. sebagai berikut ini:



Gambar 3. Diagram Pareto

Dari diagram pareto pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa faktor Waktu (Q) memberikan efek yang paling signifikan terhadap kadar theaflavin yang dihasilkan, selain itu suhu juga mempengaruhi hasil signifikan dari Theaflavin yang dihasilkan semakin besar suhu akan semakin menghasilkan theaflavin lebih banyak.



Gambar 4. Plot kontur

Pada Gambar 4 diatas mengilustrasikan antara kontur plot dari variabel waktu dan suhu pada fermentasi daun teh. Dapat kita lihat bahwa pada kondisi suhu 23,786°C dengan waktu ekstraksi 20 menit menghasilkan kadar theaflavin maksimum sebesar 0,703 %, sedangkan pada suhu 66, 213 °C dengan lama waktu ekstraksi 63, 284 enit menunjukkan kadar theaflavin paling rendah sebesar 0,336 %. Pada gambar 4.6 menjelaskan adanya tiga dimensional respon surface pada variabel tetap yang dimana diplotkan dengan dua variabel bebas (suhu dan Waktu) yang datanya sudah diolah menggunakan software statistika central composite design. dimana apabila terlalu lama waktu ekstraksi dan suhu terlalu tinggi hasil dari theaflavin akan berkurang karena sudah berubah menjadi thearubigin.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: Hasil yang didapat pada percobaan dengan variabel Theaflavin dengan pancaran sinar UV, dengan waktu ekstraksi sebesar 20 menit diperoleh kadar theaflavin sebesar 0,703 %, sedangkan untuk ekstraksi dengan waktu 35 menit diperoleh kadar theaflavin sebesar 0,939 %, dan ekstraksi dengan waktu 63,284 menit diperoleh kadar theaflavin sebesar 0,336 %, pada waktu ekstraksi waktu 63,284 menit terjadi penurunan, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu fermentasi menyebabkan perubahan senyawa bioaktif theaflavin menjadi senyawa bioaktif thearubigin,

Sedangkan untuk hasil pengaruh suhu, mendapatkan hasil berbanding lurus antara suhu

dengan hasil theaflavin yaitu pada suhu 23,786 °C diperoleh kadar theflavin 0,642 %, Pada suhu 45 °C diperoleh kadar theaflavin 0,703% dan pada suhu 66,213 °C diperoleh kadar theaflavin 0,757%. Hasil ini menunjukkan bahwa Sinar UV memiliki pengaruh signifikan terhadap theaflavin yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Adri, D., & Hersoelityorini, W. (2013). Aktivitas Antioksidan Dan Sifat Organoleptik Teh Daun Sirsak (*Annona Muricata* Linn.) Berdasarkan Variasi Lama Pengeringan. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 4(7), 116602. <https://doi.org/10.26714/jpg.4.1.2013>.
- Bintari, Y., Haryadi, W., & Rahardjo, T. (2018). Ekstraksi Lipida Dengan Metode Microwave Assisted Extraction Dari Mikroalga Yang Potensial sebagai Biodiesel. *JU-Ke (Jurnal Ketahanan Pangan)*, 2(2), 180–189.
- Dewi Anjarsari, I. R. (2016). Katekin teh Indonesia : prospek dan manfaatnya. *Kultivasi*, 15(2), 99–106. <https://doi.org/10.24198/kltv.v15i2.11871>
- Hua, J., Wang, H., Jiang, Y., Li, J., Wang, J., & Yuan, H. (2020). 1 P re of. *LWT - Food Science and Technology*, 110291. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110291>
- Kamaluddin, M. H., Lutfi, M., & Hendrawan, Y. (2014). Analisa Pengaruh Microwave Assisted Extraction (MAE) Terhadap Ekstraksi Senyawa Antioksidan Catechin Pada Daun Teh Hijau (*Camellia Sinensis*) (Kajian Waktu Ekstraksi Dan Rasio Bahan : Pelarut). *Traditional Medicine Journal*, 2(2), 147–155.
- Kondo, A., Narumi, K., Ogura, J., Sasaki, A., & Yabe, K. (2017). Drug Metabolism and Pharmacokinetics Organic anion-transporting polypeptide (OATP) 2B1 contributes to the cellular uptake of thea flavin. *Drug Metabolism and Pharmacokinetics*, 32(2), 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.dmpk.2016.11.009>
- Krisna, P. A., Ratnawati, R., & Norahmawati, E. (2015). Pengaruh Theaflavin Teh Hitam (*Camellia sinensis*) Gambung, Jawa Barat Terhadap Ketebalan Dinding Aorta Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) yang Diberi Diet Atherogenik. *Majalah Kesehatan FKUB*, 2, 62–69.
- No, V., Nisa, G. K., Nugroho, W. A., & Hendrawan, Y. (2014). EKSTRAKSI DAUN SIRIH MERAH (*PIPER CROCATUM*) DENGAN METODE MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (MAE) Extraction Of Red Betel Leaf (*Piper Crocatum*) Methods Microwave Assisted Extraction (Mae) *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 2(1), 72–78.
- Nur, A. P., Sari, D. K., & Susanto, H. (2013). INTEGRASI PENYINARAN DENGAN SINAR UV PADA PROSES INVERSI FASE

- UNTUK PEMBUATAN MEMBRAN NON-FOULING. 2(4), 189–197.
- Ouyang, Q., Yang, Y., Wu, J., Liu, Z., & Chen, X. (2019). Journal of Food Composition and Analysis Rapid sensing of total theaflavins content in black tea using a portable electronic tongue system coupled to efficient variables selection algorithms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 75(November 2017), 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.09.014>
- Pandey, S. C., Pande, V., Sati, D., Upreti, S., & Samant, M. (2020). Vaccination strategies to combat novel corona virus SARS-CoV-2. *Life Sciences*, 256, 117956. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117956>
- Putranto, A. W., Dewi, S. R., Izza, N., Yuneri, D. R., Dachi, M. Y. S., & Sumarlan, S. H. (2018). Ekstraksi Senyawa Fenolik Daun Kenikir (*Cosmos caudatus*) menggunakan Microwave Assisted Extraction (MAE). *Rona Teknik Pertanian*, 11(1), 59–70. <https://doi.org/10.17969/rtp.v11i1.9580>
- Qorriaina, R., Hawa, L. C., & Yulianingsih, R. (2015). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis Aplikasi Pra-Perlakuan Microwave Assisted Extraction (MAE) Pada Ekstrak Daun Kemangi (Ocimum sanctum) Menggunakan Rotary Evaporator (Studi Pada Variasi Suhu dan Waktu Ekstraksi) The Application of Microwave Assisted Extraction (MAE) as Pre-Treatment On Basil Leaf (Ocimum sanctum) Extraction Using Rotary Evaporator (Variation of Temperature And Extraction Time) Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 3(1), 32–38.
- Rohdiana, D. (1999). Evaluasi Kandungan Theaflavin Dan Thearubigin Pada Teh Kering Dalam Kemasan. In *Jkti* (Vol. 9, Issues 1–2, pp. 29–32).
- Samanta, T., Cheeni, V., Das, S., Roy, A. B., Ghosh, B. C., & Mitra, A. (2015). Assessing biochemical changes during standardization of fermentation time and temperature for manufacturing quality black tea. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2387–2393. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1230-5>
- Shabri, S., & Maulana, H. (2017). Synthesis and isolation of theaflavin from fresh tea leaves as bioactive ingredient of antioxidant supplements. *Jurnal Penelitian Teh Dan Kina*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.22302/pptk.jur.jptk.v20i1.120>
- Shii, T., Miyamoto, M., Matsuo, Y., Tanaka, T., & Kouno, I. (2011). Biomimetic one-pot preparation of a black tea polyphenol theasinensin A from epigallocatechin gallate by treatment with copper(II) chloride and ascorbic acid. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 59(9), 1183–1185. <https://doi.org/10.1248/cpb.59.1183>
- Su, Y. L., Leung, L. K., Huang, Y., & Chen, Z. Y. (2003). Stability of tea theaflavins and catechins. *Food Chemistry*, 83(2), 189–195. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00062-1)
- Tai, L., Liu, Z., Sun, M., Xie, Q., Cai, X., & Wang, Y. (2020). Anti-hyperuricemic effects of three theaflavins isolated from black tea in hyperuricemic mice. 66(January). <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103803>
- Tanaka, T., Matsuo, Y., & Kouno, I. (2008). *Production of Theaflavins, Theasinensins, and Related Polyphenols during Tea Fermentation*. 59–76. <https://doi.org/10.1201/9781420008036.ch5>
- Tanaka, T., Watarumi, S., Matsuo, Y., Kamei, M., & Kouno, I. (2003). Production of theasinensins A and D, epigallocatechin gallate dimers of black tea, by oxidation-reduction dismutation of dehydrotheasinensin A. *Tetrahedron*, 59(40), 7939–7947. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2003.08.025>
- Weerawatanakorn, M., Hung, W. L., Pan, M. H., Li, S., Li, D., Wan, X., & Ho, C. T. (2015). Chemistry and health beneficial effects of oolong tea and theasinensins. *Food Science and Human Wellness*, 4(4), 133–146. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.002>
- Yabuki, C., Yagi, K., & Nanjo, F. (2017). Highly efficient synthesis of theaflavins by tyrosinase from mushroom and its application to theaflavin related compounds. *Process Biochemistry*, 55, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.02.002>
- Yu, Z., Liao, Y., Zeng, L., Dong, F., Watanabe, N., & Yang, Z. (2020). Transformation of catechins into theaflavins by upregulation of CsPPO3 in preharvest tea (*Camellia sinensis*) leaves exposed to shading treatment. *Food Research International*, 129(November 2019), 108842. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108842>
- Zeng, J., Du, G., Shao, X., Feng, K. N., & Zeng, Y. (2019). Recombinant polyphenol oxidases for production of theaflavins from tea polyphenols. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.142>