

Reserach Journal

Perubahan Pigmen Klorofil dan Karotenoid serta Warna Bubuk Teh Hijau dari Berbagai Klon pada Kondisi Penyimpanan Berbeda

Changes in Chlorophyll and Carotenoid Pigments and Color of Green Tea Powder from Various Clones Under Different Storage Conditions

Itsna Ade Mauliyah¹, Fathynaturrozanah¹, Yehezkiel Kenzi Putra², Sugeng Harianto³, Shabri³, Hilman Maulana³, dan M Iqbal Prawira-Atmaja^{3*}

¹ Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman;

² Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya;

³ Dept. Pengolahan Hasil dan Enjiniring, Pusat Penelitian Teh dan Kina, Gambung.

* Correspondence: iqbalprawira06@gmail.com

Received: 21 Juni 2022

Accepted: 13 Agustus 2022

Published: 6 Juli 2023

Jurnal Sains Teh dan Kina
Pusat Penelitian Teh dan Kina
Desa Mekarsari, Kec. Pasirjambu,
Kab. Bandung, Jawa Barat 40972
redaksijptk@gmail.com
+62 22 5928186

Abstract: Chlorophyll, a pigment responsible for the green color of tea powder, affects its quality. This study aimed to observe changes in chlorophyll and carotenoid pigments, as well as the color of green tea powder, from clones GMB 3, GMB 9, and GMBS 4 during storage. The green tea powder was packed in standing pouches with inner layers of full aluminum foil. It was then stored under different conditions: (a) immediate analysis after manufacturing (Control); (b) in a refrigerator at $9\pm1^\circ\text{C}$ and RH $40\pm1\%$ (KGTP); and (c) in a room at $20\pm3^\circ\text{C}$ and RH $\leq60\%$ (RGTP). The chlorophyll, carotenoid, and color changes were analyzed using a color reader, and the data were subjected to two-way ANOVA followed by Tukey's test. The results indicated that the clone type influenced the color of chlorophyll and carotenoid pigments in the green tea powder. During storage, the pigments and color of the powder decreased, possibly due to the activity of the chlorophyllase enzyme and the effects of humidity and temperature. Low-temperature storage helped maintain the stability of chlorophyll and the green color. GMBS 4 clones exhibited greater color changes, while GMB 3 showed the best stability in terms of chlorophyll and color during storage. Chlorophyll is a color pigment that plays a role in the quality of green tea powder.

Keywords: Green tea powder; chlorophyll; carotenoids; temperature and humidity, color

Abstrak: Klorofil merupakan pigmen warna yang berperan terhadap kualitas bubuk teh hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan pigmen klorofil dan karotenoid serta perubahan warna bubuk teh hijau dari klon GMB 3, GMB 9 dan GMBS 4 selama penyimpanan. Bubuk teh hijau dikemas pada *standing pouch* dengan lapisan dalam *full alumunium foil*. Bubuk teh hijau yang telah dikemas kemudian disimpan pada ruangan berbeda dengan kondisi: (a) bubuk teh hijau yang langsung dianalisis setelah proses pembuatan (Kontrol); (b) refrigerator dengan RH $40\pm1\%$ dan suhu $9\pm1^\circ\text{C}$ KGTP); dan (c) ruangan dengan RH $\leq60\%$ dan suhu $20\pm3^\circ\text{C}$ (RGTP). Pigmen klorofil dan karotenoid serta perubahan warna dianalisis menggunakan *color reader* dan menggunakan *two ways* ANOVA serta uji Tukey. Hasil menunjukkan bahwa warna pigmen klorofil dan karotenoid bubuk teh hijau dipengaruhi oleh jenis klon. Selama penyimpanan, terjadi penurunan pigmen warna klorofil dan karotenoid yang kemungkinan disebabkan oleh aktivitas enzim klorofilase dan pengaruh kelembapan dan suhu. Penyimpanan suhu rendah berperan signifikan dalam menjaga stabilitas pigmen klorofil dan warna hijau. Hasil menunjukkan klon GMBS 4 lebih mudah mengalami perubahan warna dan GMB 3 merupakan jenis klon dengan kestabilan klorofil dan warna terbaik selama penyimpanan. Klorofil merupakan pigmen warna yang berperan dalam kualitas bubuk teh hijau.

Kata kunci: bubuk teh hijau; klorofil; karotenoid; suhu dan kelembapan, warna

1. Pendahuluan

Ketertarikan konsumen terhadap bubuk teh hijau (*green tea powder* atau GTP) terus meningkat memiliki manfaat dan mudah diaplikasikan untuk proses ekstraksi maupun produk pangan (Komes *et al.*, 2010; Trinovani *et al.*, 2022). Bubuk teh hijau memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dan mengandung sebagian besar katekin dari daun teh segar (Karori *et al.*, 2007; Yang dan Landau, 2000). Menurut Kochman *et al.* (2020), bubuk teh hijau tinggi akan senyawa katekin, kafein, polyphenol, quercetin, vitamin C, tanin, dan klorofil. Ciri khas dari bubuk teh hijau adalah kandungan pigmen hijau dari klorofil. Semakin tinggi kandungan klorofil bubuk teh hijau maka semakin baik kualitasnya (Jakubczyk *et al.*, 2020).

Klorofil merupakan pigmen penting yang berperan dalam pemberian warna hijau pada teh (Wang *et al.*, 2004). Klorofil terbagi menjadi 2 yakni klorofil a dan klorofil b, dua jenis klorofil ini menjadi pigmen utama fotosintetik yang berperan menyerap cahaya violet, biru, merah dan memantulkan cahaya hijau (Sumenda, 2011). Klorofil terbentuk dari prekursor yang disebut klorofilid, prekursor ini akan terbentuk ketika klorofil mengalami degradasi akibat adanya *chlorophyllase* (Yu *et al.* 2019). Pigmen klorofil mudah termodifikasi melalui reaksi teroksidasi akibat berbagai faktor dan mengakibatkan perubahan warna (Masek *et al.*, 2012). Perubahan warna dapat menimbulkan kesan negatif pada produk pangan (Schoefs, 2002). Pigmen alami dan terdapat di dalam bubuk teh hijau adalah karotenoid. Karotenoid menjadi pigmen pemberi warna kuning-jingga tetapi keberadaannya pada bubuk teh hijau tidak dikehendaki karena dapat mempengaruhi karakteristik sensori warna bubuk teh hijau.

Penyimpanan adalah salah satu cara untuk mempertahankan kualitas bubuk teh hijau. Penyimpanan bubuk teh hijau dipengaruhi oleh suhu, kelembapan dan jenis kemasan yang digunakan. Penggunaan suhu penyimpanan yang berbeda dapat mempengaruhi sifat permeabilitas dari bahan kemasan. Peningkatan suhu penyimpanan dapat meningkatkan permeabilitas bahan kemasan. Hal ini mengakibatkan semakin banyak uap air yang melewati bahan kemasan sehingga produk bersifat higroskopis akan lebih banyak menyerap uap air. Kemasan berbahan *aluminium foil* banyak digunakan industri pangan karena memiliki sifat hermetis, fleksibel dan tidak tembus cahaya (Jayadi *et al.*, 2016). Kemasan berbahan *aluminium foil* merupakan salah satu bahan kemasan yang sering digunakan sebagai pengemas teh (Arizka dan Daryatmo, 2015). Sifat hermetis pada *aluminium foil* akan mencegah produk teh berinteraksi dengan CO₂ yang ada di udara sehingga tidak terjadi degradasi klorofil oleh enzim klorofilase (Rohmat *et al.*, 2014).

Secara umum, visual merupakan faktor pertama yang dapat mempengaruhi persepsi konsumen terhadap suatu produk. Dengan kata lain, warna sangat berpengaruh terhadap penentuan kesukaan konsumen (Rosida *et al.*, 2020). Warna juga dapat digunakan sebagai indikator kesegaran atau kematangan suatu komoditas serta sebagai bahan evaluasi pada proses pengolahan dan penyimpanan yang berpotensi menurunkan mutu produk (Saati *et al.*, 2019). Klorofil merupakan komponen yang diperlukan pada bubuk teh hijau karena sangat berpengaruh terhadap kualitas terutama warna dari produk akhir (Ošádalová *et al.*, 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan warna serta pigmen klorofil dan karotenoid dari bubuk teh hijau selama penyimpanan dengan kondisi penyimpanan berbeda. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap kondisi optimum penyimpanan bubuk teh hijau sehingga terjaga kualitasnya.

2. Metode

2.1. Bahan dan Alat

Bahan utama dalam penelitian ini adalah daun teh segar (*Camellia sinensis* L.) dari klon GMB 3, GMB 9, dan GMBS 4 yang dipetik dari kebun Percobaan Pusat Penelitian Teh dan Kina, Gambung, Jawa Barat. Bahan kimia yang digunakan adalah 80% aseton (*pro analysis*) untuk penentuan kadar klorofil dan karotenoid bubuk teh hijau. Alat yang digunakan adalah mesin *millstone grinder* (Indonesia) untuk produksi bubuk teh hijau, Spektrofotometer UV-vis (Varian Carry win UV, US), timbangan analitik digital, dan alat gelas.

2.2. Produksi Bubuk Teh Hijau

Sebanyak 5 kg daun teh segar dari klon GMB 3, GMB 9, dan GMBS 4 dipetik secara manual dengan rumus P+3 (pucuk dengan 3 daun muda) dan selanjutnya dilakukan pengolahan di *tea mini processing*. Tahap produksi bubuk teh hijau mengacu pada Prawira-Atmaja *et al.* (2018) yaitu daun teh dilayukan menggunakan uap panas (100°C, selama 2,5 menit), pendinginan dilakukan dengan dihembuskan udara segar, dan pengeringan menggunakan *rack dryer* (CNC, Sri Lanka) pada suhu 90°C selama 60 menit hingga diperoleh produk teh hijau kering (kadar air 2-5%). Daun teh kering dihancurkan sebelum digunakan untuk produksi bubuk teh hijau. Bubuk teh hijau diproduksi menggunakan *millstone grinder* (Indonesia) dengan kecepatan 25 rpm hingga dihasilkan bubuk teh hijau dengan

ukuran partikel 1,58 μm sebagaimana pada penelitian sebelumnya (Trinovani *et al.*, 2022). Setiap perlakuan klon dilakukan 3 kali ulangan proses produksi.

2.3. Perlakuan Penyimpanan Bubuk teh Hijau

Bubuk teh hijau yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam kemasan *standing pouch* yang dilapisi *full alumunium foil* pada bagian dalam dengan berat 7 gram, ukuran 12 cm x 20 cm, ketebalan 0,1 mm dan dilengkapi ziplock. Kemasan kemudian ditutup rapat dengan mesin penyegelan tangan (model HIS-300 MH, daya listrik 400 W). Selanjutnya, bubuk teh hijau dalam kemasan disimpan pada ruangan berbeda selama 9 bulan dengan kondisi sebagai berikut: (a) langsung dianalisis setelah proses pembuatan (Kontrol); (b) penyimpanan dengan RH $40\pm1\%$ dan suhu $9\pm1^\circ\text{C}$ diberi kode KGTP (K: penyimpanan kulkas); dan (c) penyimpanan pada ruangan dengan RH $\leq60\%$ dan suhu $20\pm3^\circ\text{C}$ diberi kode RGTP (R: penyimpanan ruang). Secara garis besar perlakuan penyimpanan tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi penyimpanan bubuk teh hijau pada suhu dan RH berbeda

Kode	Kondisi Penyimpanan
Kontrol	Langsung dianalisis
KGTP	Suhu $9\pm1^\circ\text{C}$ dan RH $40\pm1\%$
RGTP	Suhu $20\pm3^\circ\text{C}$ dan RH $\leq60\%$

2.4. Analisis Warna

Penentuan warna bubuk teh hijau menggunakan *color reader* (CR 4000, Conica Minolta, Jepang) untuk mendekripsi nilai L*, a*, dan b*. Nilai L* untuk parameter kecerahan (*lightness*), a* untuk parameter kehijauan, dan b* untuk parameter kekuningan. Analisis warna kemudian dihitung berdasarkan Pathare *et al.* (2013).

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(a^* - a^*_{*0})^2 + (b^* - b^*_{*0})^2 + (L^* - L^*_{*0})^2} \quad (1)$$

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$\text{Hue (H)} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

(a^*_{*0} , b^*_{*0} dan L^*_{*0} adalah sampel bubuk teh hijau kontrol)

2.5. Analisis Pigmen Klorofil dan Karotenoid

Pigmen klorofil dan karotenoid bubuk teh hijau dianalisis mengacu pada Ni *et al.* (2009) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 400 mg bubuk teh hijau dimasukkan ke dalam tabung falcon 15 ml kemudian ditambahkan 80% aseton (5 ml). Sampel dihomogenkan dengan vortex selama 1 menit dan disimpan di dalam pendingin ($9\pm1^\circ\text{C}$; selama 20 menit). Supernata yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring dan ditampung dalam labu ukur 25 ml. Endapan yang terbentuk diekstrak kembali dengan 80% aseton sebagaimana langkah sebelumnya dan diulangi hingga tiga kali. Ekstrak yang diperoleh ditentukan volume akhir 25 ml dengan 80% aseton. Pigmen klorofil dan karotenoid dianalisis menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-vis (Varian Carry win UV, USA) dengan panjang gelombang 470 nm, 645 nm dan 663 nm. Perhitungan kadar klorofil dan karotenoid menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Klorofil-a (mg/g)} = \frac{[12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}] \times V}{1000 \times W} \quad (4)$$

$$\text{Klorofil-b (mg/g)} = \frac{[22,9 \times A_{645} - 4,86 \times A_{663}] \times V}{1000 \times W} \quad (5)$$

$$\text{Total klorofil a+b (mg/g)} = \frac{[8,02 \times A_{663} - 20,20 \times A_{645}] \times V}{1000 \times W} \quad (6)$$

$$\text{Karotenoid (mg/g)} = \frac{[(1000 \times A_{470} - 1,8 \times ChlA - 85,02 \times Chlb)/198] \times V}{1000 \times W} \quad (7)$$

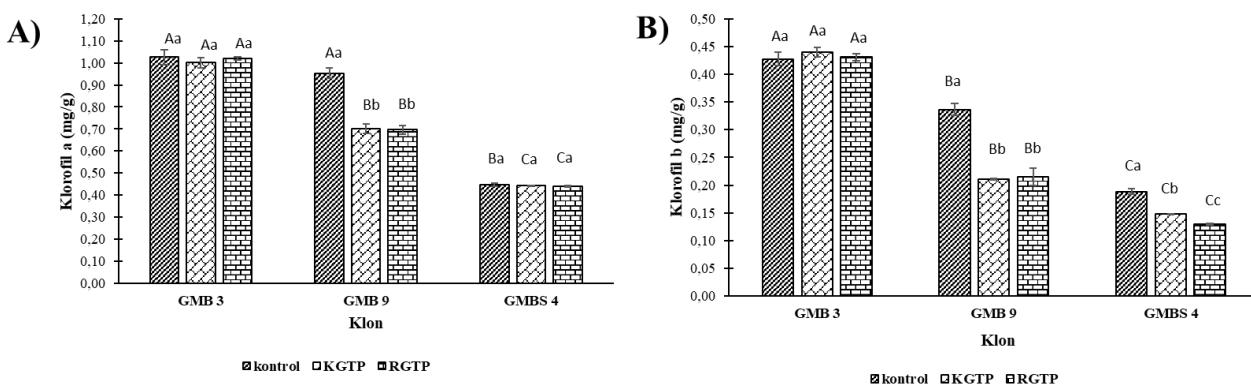
2.6. Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial. Data yang diperoleh berupa tiga ulangan serta dianalisis nilai rerata dan standar errornya (S.E). Data dianalisis perbedaananya menggunakan *two-ways ANOVA*. Jika ada perbedaan yang signifikan maka dilakukan uji lanjut menggunakan *Tukey test* dengan selang kepercayaan 95% (P Value $\leq 0,05$). Analisis data menggunakan program perangkat lunak Microsoft Excel dan Minitab 19.1 (64 bit).

3. Hasil dan Pembahasan

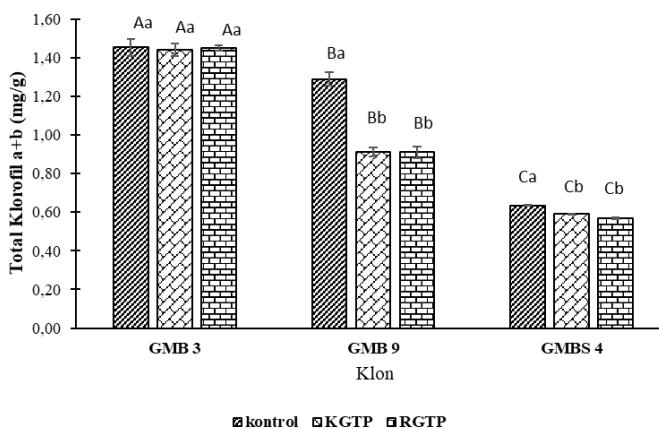
3.1. Pigmen Klorofil Bubuk Teh Hijau

Warna hijau merupakan karakteristik mutu utama pada bubuk teh hijau. Warna hijau berkaitan dengan pigmen klorofil yang terdiri atas klorofil a dan klorofil b. Gambar 1 menunjukkan kandungan pigmen klorofil bubuk teh hijau dari berbagai klon setelah 9 bulan penyimpanan pada kondisi berbeda. Kandungan klorofil a bubuk teh hijau dari klon GMB 3, GMB 9, dan GMBS 4 pada kontrol berturut-turut sebesar 1,03 mg/g; 0,95 mg/g; dan 0,44 mg/g. Kandungan klorofil a pada klon GMB 3 dan GMBS 4 setelah 9 bulan penyimpanan pada kondisi berbeda relatif stabil jika dibandingkan dengan klon GMB 9. Pada kedua kondisi (KGTP dan RGTP), klon GMB 9 mengalami penurunan kandungan klorofil a secara signifikan dari 0,95 mg/g menjadi 0,70 mg/g (signifikan pada uji Tukey dengan tingkat kepercayaan 95%). Kandungan klorofil b bubuk teh hijau dari berbagai klon pada kontrol berkisar 0,43-0,19 mg/g (Gambar 1 B). Penyimpanan selama 9 bulan pada kondisi berbeda berdampak terhadap penurunan kandungan klorofil b bubuk teh hijau dari klon GMB 9 dan GMBS 4 (signifikan pada uji Tukey dengan tingkat kepercayaan 95%). Klorofil a berperan mengonversi energi cahaya menjadi energi kimia (Suci, 2015) dan menghasilkan warna hijau tua.



Gambar 1. Perubahan pigmen klorofil warna bubuk teh hijau dari berbagai klon teh selama kondisi penyimpanan berbeda. A) klorofil a (mg/kg); B) klorofil b (mg/kg). KGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada suhu $9\pm1^\circ\text{C}$ dengan RH $40\pm1\%$; RGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada ruangan dengan RH $\leq 60\%$ dan suhu $20\pm3^\circ\text{C}$. Notasi huruf kapital yang sama pada kondisi penyimpanan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey dengan $\alpha=0,05$. Notasi huruf kecil yang sama pada jenis klon yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey dengan ($\alpha=0,05$).

Kandungan klorofil b bubuk teh hijau dari berbagai klon pada kontrol berkisar 0,43-0,19 mg/g (Gambar 1 B). Penyimpanan selama 9 bulan pada kondisi berbeda berdampak terhadap penurunan kandungan klorofil b bubuk teh hijau dari klon GMB 9 dan GMBS 4 (signifikan pada uji Tukey dengan tingkat kepercayaan 95%). Gambar 1A dan Gambar 1B menunjukkan bubuk teh hijau pada setiap kondisi memiliki kandungan klorofil b yang lebih rendah bila dibandingkan dengan klorofil a. Hal ini dikarenakan kandungan klorofil umumnya terdiri dari klorofil a dan b dengan perbandingan 3:1 (Ošádalová *et al.*, 2014; Suwanaruang, 2015). Bubuk teh hijau dari klon GMB 9 pada kondisi KGTP dan RGTP menunjukkan penurunan kandungan klorofil b secara signifikan sebesar 37,50% dan 36,01% selama penyimpanan. Bubuk teh hijau dari klon GMBS 4 mengalami penurunan kandungan klorofil b sebesar 21,27% dan 31,38% pada kondisi KGTP dan RGTP. Klorofil b memiliki sifat lebih tahan terhadap perubahan suhu dan tidak mudah terdegradasi jika dibandingkan dengan klorofil a (Weemaes *et al.*, 1999).



Gambar 2. Perubahan total klorofil (mg/kg) bubuk teh hijau dari berbagai klon teh selama kondisi penyimpanan berbeda. KGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada suhu $9\pm1^{\circ}\text{C}$ dengan RH $40\pm1\%$; RGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada ruangan dengan RH $\leq60\%$ dan suhu $20\pm3^{\circ}\text{C}$. Notasi huruf kapital yang sama pada kondisi penyimpanan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey dengan $\alpha=0,05$. Notasi huruf kecil yang sama pada jenis klon yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey dengan ($\alpha=0,05$).

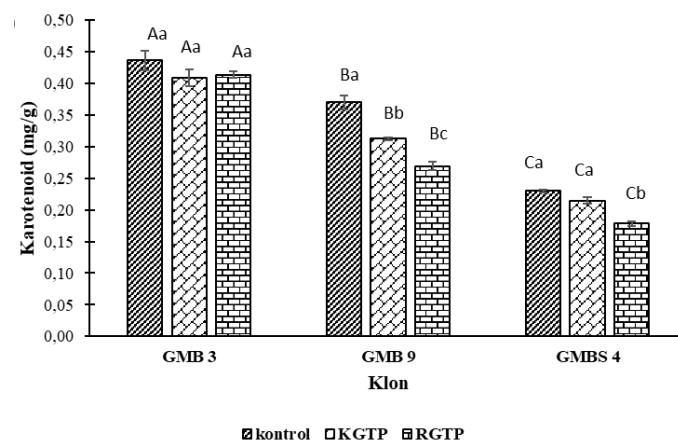
Total klorofil bubuk teh hijau kontrol berkisar 0,63-1,45 mg/g, KGTP berkisar 0,59-1,44 mg/g dan RGTP berkisar 0,57-1,45 mg/g. Bubuk teh hijau dari klon GMB 3 memiliki total klorofil paling besar dan relatif stabil jika dibandingkan dengan klon GMB 9 dan GMBS 4. Bubuk teh hijau dari klon GMB 9 pada kondisi penyimpanan berbeda menunjukkan penurunan total klorofil sebesar 29,46%. Klon GMBS 4 dengan kondisi KGTP mengalami penurunan klorofil lebih rendah (6,35%) bila dibandingkan dengan RGTP (9,53%) (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan berperan aktif dalam menekan penurunan klorofil pada bubuk teh hijau.

Penelitian oleh Yu dan He (2018) melaporkan bahwa kadar total klorofil pada *matcha* dan *steamed green tea powder* sebesar 4,035 mg/g dan 2,023 mg/g. Sementara itu, penelitian oleh Koláčková *et al.* (2020) menunjukkan konsentrasi klorofil pada berbagai jenis *matcha* berkisar 1,56-7,05 mg/g. Menurut Ošádalová *et al.* (2014), selama penyimpanan klorofil akan terdegradasi oleh adanya aktivitas enzim klorofilase. Hal serupa juga dilaporkan oleh Kohata *et al.* (2014), daun teh hasil pengolahan masih mengandung enzim klorofilase yang mampu mengganggu stabilitas klorofil. Penurunan klorofil dapat diperlambat dengan mengendalikan suhu dan kelembapan pada penyimpanan (Mattila *et al.*, 2018). Penelitian lainnya melaporkan bahwa klorofil mengalami penurunan lebih lambat pada penyimpanan suhu 9°C bila dibandingkan dengan suhu 29°C (Mahfudh *et al.*, 2021). Kelembapan juga berdampak pada kadar air teh terlebih selama penyimpanan, jika kelembapan udara sekitar tinggi maka kadar air dari teh akan bertambah (Arizka dan Daryatmo, 2015).

Jika diperhatikan, kandungan klorofil a, klorofil b dan total klorofil dari berbagai jenis klon pada kondisi KGTP dan RGTP sebagian besar tidak berbeda signifikan yang ditandai dengan notasi huruf yang sama. Fenomena ini diduga karena kemasan yang digunakan berbahan *aluminium foil*, bahan ini memiliki permeabilitas rendah terhadap uap air, yaitu $< 0,1 \text{ g/m}^2\text{d}$ serta mampu mencegah masuknya oksigen dan cahaya (Lamberti dan Escher, 2007).

3.2. Pigmen Karotenoid Bubuk Teh Hijau

Pada kondisi kontrol, bubuk teh hijau memiliki kandungan karotenoid berkisar dari 0,43-0,23 mg/g. Klon GMB 3 memiliki kandungan karotenoid tertinggi dan klon GMBS 4 terendah. Selama penyimpanan 9 bulan dengan kondisi berbeda, terjadi penurunan kandungan karotenoid pada semua bubuk teh hijau. Penurunan terbesar terdapat pada klon GMB 9 dari kondisi kontrol ke kondisi RGTP yaitu sebesar 0,1 mg/g. Sedangkan penurunan terkecil terdapat pada klon GMBS 4 dari kondisi kontrol ke kondisi KGTP sebesar 0,02 mg/g. Perubahan kadar karotenoid pada bubuk teh hijau dari berbagai klon dengan kondisi penyimpanan yang berbeda disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan karotenoid (mg/kg) bubuk teh hijau dari berbagai klon teh selama kondisi penyimpanan berbeda. KGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada suhu $9\pm1^{\circ}\text{C}$ dengan RH $40\pm1\%$; RGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada ruangan dengan RH $\leq60\%$ dan suhu $20\pm3^{\circ}\text{C}$. Notasi huruf kapital yang sama pada kondisi penyimpanan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey dengan $\alpha=0,05$. Notasi huruf kecil yang sama pada jenis klon yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey dengan ($\alpha=0,05$).

Menurut Labola dan Puspita, (2018), karotenoid berperan memberikan warna kuning, oranye hingga merah. Kondisi suhu ruang selalu menunjukkan kandungan karotenoid yang rendah karena terjadi degradasi terlebih pada kondisi suhu tinggi (Manasika dan Widjanarko, 2015). Faktor pemicu degradasi karotenoid adalah cahaya, panas, dan oksigen (Mertz *et al.*, 2010). Karotenoid dapat terdegradasi selama proses pengemas dan penyimpanan melalui reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi karotenoid bergantung pada ketersediaan oksigen sehingga akan membentuk *apocarotenoid* dan *apocarotenal*. Reaksi oksidasi pada berbagai produk pangan salah satunya teh dapat menimbulkan perubahan rasa (Dutta *et al.*, 2005).

3.3. Perubahan Warna Bubuk Teh Hijau

Nilai L* merupakan indikator kecerahan, semakin besar nilai L* menunjukkan kecenderungan warna bubuk teh hijau semakin cerah. Nilai a* menunjukkan parameter warna merah (positif) ke hijau (negatif) sedangkan nilai b* sebagai parameter warna kuning (positif) ke biru (negatif) (Arslan dan Özcan, 2010). Uji ANOVA pada nilai L dan a* menunjukkan adanya interaksi antara jenis klon dengan kondisi penyimpanan yang ditandai dengan $p\text{-value}<0,05$. Sedangkan nilai b* tidak menunjukkan signifikan interaksi antara jenis klon dan kondisi penyimpanan. Selama penyimpanan, bubuk teh hijau mengalami peningkatan nilai L*. Semua klon pada kondisi KGTP menghasilkan nilai L* lebih tinggi jika dibandingkan dengan RGTP. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan *matcha* dengan suhu penyimpanan lebih rendah memiliki nilai L* atau kecerahan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan *matcha* pada penyimpanan suhu tinggi (Kim *et al.*, 2020). Perubahan warna pada bubuk teh hijau dari berbagai klon selama penyimpanan berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Bubuk teh hijau kontrol memiliki nilai a* berkisar -2,93 hingga -1,53. Selama penyimpanan, bubuk teh hijau pada semua klon mengalami perubahan nilai a* yaitu semakin mendekati nilai positif (warna merah). Peningkatan nilai a* menunjukkan terjadinya degradasi klorofil pada bubuk teh hijau selama penyimpanan. Hal ini didukung dengan perubahan kandungan total klorofil pada bubuk teh hijau (Gambar 1). Peningkatan nilai a* juga dapat disebabkan oleh faktor lain, salah satunya yaitu akibat adanya reaksi oksidasi pada EGCG (*epigallocatechin gallate*) yang banyak terkandung pada bubuk teh hijau. Oksidasi EGCG diakibatkan oleh adanya suhu tinggi dan cenderung menghasilkan warna kemerahan (Li *et al.*, 2012). Selain itu, nilai b* tertinggi diperoleh klon GMB 3 pada kondisi KGTP sebesar 34,53 yang artinya memiliki kecenderungan intensitas warna kuning. Warna kuning jingga yang dihasilkan pada teh salah satunya dipengaruhi oleh kandungan karotenoid pada teh (Apriani, 2016).

Tabel 2. Hasil analisis warna bubuk teh hijau dari berbagai jenis klon pada kondisi penyimpanan berbeda

Jenis Klon	Kondisi Penyimpanan	L*	a*	b*
GMB 3	Kontrol	67,20±0,35 ^b	-2,93±0,03 ^b	29,60±0,36 ^c
	KGTP	79,13±0,64 ^a	-1,17±0,07 ^a	34,53±0,23 ^a
	RGTP	68,17±1,30 ^b	-1,43±0,09 ^a	31,70±0,32 ^b
GMB 9	Kontrol	74,00±0,45 ^c	-1,80±0,06 ^b	29,60±0,17 ^c
	KGTP	83,07±0,87 ^a	-0,4±0,06 ^a	33,47±0,13 ^a
	RGTP	77,53±0,59 ^b	-0,4±0,00 ^a	31,53±0,22 ^b
GMBS4	Kontrol	70,90±0,30 ^c	-1,53±0,03 ^c	27,17±0,09 ^c
	KGTP	83,73±0,54 ^a	-0,10±0,00 ^b	32,27±0,12 ^a
	RGTP	76,63±0,09 ^b	0,30±0,15 ^a	29,27±0,12 ^b

Keterangan : Data ± standar eror dari tiga ulangan. Angka yang diikuti notasi huruf yang sama pada jenis klon yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan antar kondisi penyimpanan pada uji Tukey ($\alpha = 0,05$). KGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada suhu $9\pm1^{\circ}\text{C}$ dengan RH $40\pm1\%$; RGTP: Bubuk teh hijau setelah 9 bulan penyimpanan pada ruangan dengan RH $\leq 60\%$ dan suhu $20\pm3^{\circ}\text{C}$.

Tabel 3. Perubahan warna bubuk teh hijau dari berbagai jenis klon pada kondisi penyimpanan berbeda

Jenis Klon	Kondisi Penyimpanan	ΔE_{ab}	ΔC	ΔH°
GMB 3	KGTP	4,71±0,57 ^a	1,05±0,09 ^a	1,76±0,10 ^b
	RGTP	6,90±1,28 ^a	-1,77±0,35 ^b	2,42±0,13 ^a
GMB 9	KGTP	5,06±1,48 ^a	0,34±0,15 ^a	0,34±0,10 ^a
	RGTP	2,12±0,54 ^a	-1,60±0,17 ^b	0,38±0,00 ^a
GMBS 4	KGTP	1,59±0,55 ^b	0,97±0,15 ^a	0,43±0,06 ^b
	RGTP	6,27±0,71 ^a	-1,26±0,04 ^b	0,98±0,06 ^a

Keterangan : Data±standar error dari tiga ulangan. Angka yang diikuti notasi huruf yang sama pada jenis klon yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan antar kondisi penyimpanan pada uji Tukey ($\alpha = 0,05$).

Selain parameter L*, a* dan b*, bubuk teh hijau dilakukan pula analisis untuk nilai ΔE , ΔC dan ΔH° . Tabel 3 menunjukkan perubahan warna bubuk teh hijau dari berbagai jenis klon pada kondisi penyimpanan. Nilai ΔE menunjukkan perbedaan warna antara standar dengan sampel (Kim *et al.*, 2020). Pada penelitian ini, standar yang digunakan adalah bubuk teh hijau kontrol. Nilai ΔE terendah ditunjukkan oleh klon GMBS 4 dengan kondisi KGTP dan tertinggi ditunjukkan oleh GMB 3 dengan kondisi RGTP. Nilai ΔE rendah menandakan perbedaan warna yang tidak terlalu jauh dengan kontrol. Dengan kata lain, bubuk teh hijau dari klon GMBS 4 dengan kondisi KGTP memiliki warna yang paling mendekati kontrol. Sedangkan GMB 3 dengan kondisi RGTP memiliki penyimpangan warna yang paling jauh terhadap kontrol. Pada klon GMB 3 dan GMBS 4, kondisi KGTP memiliki nilai ΔE lebih rendah bila dibandingkan dengan RGTP. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi KGTP lebih mampu mempertahankan warna pada bubuk teh hijau. Akan tetapi, hal sebaliknya terjadi pada klon GMB 9. Fenomena ini juga dilaporkan oleh Kim *et al.* (2020), penyimpanan *matcha* minggu kedua dengan perlakuan suhu 25°C memiliki nilai ΔE lebih tinggi bila dibandingkan nilai ΔE dengan perlakuan suhu 35°C .

Nilai C atau chroma merupakan indikator saturasi atau intensitas warna, semakin tinggi nilai chroma maka semakin baik warna yang dihasilkan (Sharifian *et al.*, 2013). Uji ANOVA pada nilai ΔE_{ab} dan ΔH° menunjukkan adanya interaksi antara jenis klon dengan kondisi penyimpanan yang ditandai dengan $p\text{-value} < 0,05$, sedangkan nilai ΔC tidak menunjukkan hal serupa. Dapat dilihat pada tabel 3, semua jenis klon memiliki nilai ΔC yang berbeda signifikan antara kondisi KGTP dengan RGTP. Nilai positif menunjukkan warna yang dihasilkan lebih tajam, sedangkan nilai negatif menunjukkan warna lebih pudar. Dapat disimpulkan bahwa bubuk teh hijau dari semua jenis klon dengan kondisi KGTP memiliki warna yang lebih tajam dari kontrol, sedangkan bubuk teh hijau dengan kondisi RGTP memiliki warna yang lebih pudar dari kontrol.

Nilai H° atau hue merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi warna melalui *color space* L*H*C (Sharifian *et al.*, 2013). Nilai *hue* yang didapatkan dari semua sampel berkisar $89,41\pm0,30^{\circ}$ sampai $95,66\pm0,13^{\circ}$. Berdasarkan *color space* L*C*H nilai tersebut berada di antara warna kuning sampai hijau. Pada tabel 3, semua sampel memiliki nilai ΔH positif ($0,34\pm0,10$ sampai $2,42\pm0,13$) yang artinya sudut *hue* terbentuk searah jarum jam dari nilai *hue* kontrol sehingga semakin tinggi nilai ΔH maka warna yang dihasilkan semakin kuning. Sedangkan semakin rendah nilai ΔH maka semakin hijau dan mendekati kontrol. Dengan begitu, semua jenis klon pada kondisi

KGTP memiliki warna yang lebih mendekati sampel kontrol dan lebih hijau bila dibandingkan dengan kondisi RGTP.

4. Kesimpulan

Warna pigmen klorofil dan karotenoid bubuk teh hijau dipengaruhi oleh jenis klon. Selama penyimpanan, pigmen klorofil dan karotenoid pada bubuk teh hijau mengalami penurunan akibat terjadinya reaksi selama penyimpanan. Hal ini menyebabkan perubahan warna pada bubuk teh hijau yang juga berkaitan dengan kualitas yang semakin menurun. Penyimpanan suhu rendah berperan signifikan dalam menjaga warna hijau pada bubuk teh hijau. Dari ketiga jenis klon, diketahui bahwa bubuk teh hijau dari klon GMBS 4 lebih mudah mengalami perubahan warna, sedangkan dari klon GMB 3 dihasilkan bubuk teh hijau dengan kestabilan klorofil dan warna terbaik selama penyimpanan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait perubahan higroskopis dan senyawa bioaktif bubuk teh hijau selama penyimpanan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Laboran pada bagian UPJ PPTK atas bantuannya selama aktivitas di laboratorium. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada para Teknisi di Bagian PHE-PPTK atas bantuannya selama kegiatan penelitian.

Daftar Pustaka

- Apriani, I. Pengambangan media belajar: Angkak, beras merah, dan teh (*Camellia sinensis*) sebagai pewarna alternatif preparat basah jaringan tumbuhan. *Bioilm: Jurnal Pendidikan*, 2016, 2(1). <https://doi.org/10.19109/bioilm.v2i1.1140>
- Arizka, A. A., dan Daryatmo, J. Perubahan kelembaban dan kadar air teh selama penyimpanan pada suhu dan kemasan yang berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2015, 4(4), 124–129.
- Arslan, D., dan Özcan, M. M. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT - Food Science and Technology*, 2010, 43(7), 1121–1127. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.019>
- Dutta, D., Chaudhuri, U. R., dan Chakraborty, R. Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. *African Journal of Biotechnology*, 2005, 4(13 SPEC. ISS.), 1510–1520. <https://doi.org/10.4314/ajfand.v4i13.71773>
- Jakubczyk, K., Kochman, J., Kwiatkowska, A., Kalduńska, J., Dec, K., Kawczuga, D., dan Janda, K. Antioxidant properties and nutritional composition of matcha green tea. *Foods*, 2020, 9(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/foods9040483>
- Jayadi, A., Anwar, B., dan Sukainah, A. Pengaruh suhu penyimpanan dan jenis kemasan terhadap mutu abon ikan terbang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 2016, 2, 62–69.
- Karori, S. M., Wachira, F. N., Wanyoko, J. K., dan Ngure, R. M. Antioxidant capacity of different types of tea products. *African Journal of Biotechnology*, 2007, 6(19), 2287–2296. <https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2358>
- Kim, J. M., Kang, J. Y., Park, S. K., Han, H. J., Lee, K. Y., Kim, A. N., Kim, J. C., Choi, S. G., dan Heo, H. J. (2020). Effect of storage temperature on the antioxidant activity and catechins stability of Matcha (*Camellia sinensis*). *Food Science and Biotechnology*, 2020, 29(9), 1261–1271. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00772-0>
- Kochman, J., Jakubczyk, K., Antoniewicz, J., Mruk, H., dan Janda, K. Health benefits and chemical composition of matcha green tea: A review. *Molecules*, 2020, 26(1), 85. <https://doi.org/10.3390/molecules26010085>
- Kohata, K., Hanada, K., Yamauchi, Y., dan Horie, H. Pheophorbide a content and chlorophyllase activity in green tea. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 2014, 62(9). <https://doi.org/10.1271/bbb.62.1660>
- Koláčková, T., Kolofíková, K., Sytařová, I., Snopěk, L., Sumczynski, D., dan Orsavová, J. Matcha tea: Analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. 2020. *Plant Foods for Human Nutrition*.
- Komes, D., Horzic, D., Belscak, A., Ganic, K., dan Vulic, I. Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds. *Food Res Int*, 2010, 43, 167–176.
- Labola, Y. A., dan Puspita, D. Peran antioksidan karotenoid penangkal radikal bebas penyebab berbagai penyakit. *Farmasetika.Com (Online)*, 2018, 2(5), 12. <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v2i2.13668>
- Lamberti, M., dan Escher, F. *Aluminium foil as a food packaging material in comparison with other materials*. *Food Reviews International*, 2007, 23(4), 407–433. <https://doi.org/10.1080/87559120701593830>
- Li, N., Taylor, L. S., Ferruzzi, M. G., dan Mauer, L. J. (2012). Kinetic study of catechin stability: Effects of pH, concentration, and temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(51), 12531–12539. <https://doi.org/10.1021/jf304116s>
- Mahfudh, I., Santosa, G. W., dan Pramesti, R. (2021). Stabilitas ekstrak kasar klorofil-a dan b rumput laut *caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh 1873 pada suhu dan lama penyimpanan yang berbeda. *Journal of Marine Research*, 2021, 10(2), 184–189. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.29685>
- Manasika, A., dan Widjanarko, S. B. (2015). Ekstraksi pigmen karotenoid labu kabocha menggunakan metode ultrasonik (Kajian rasio bahan: Pelarut dan lama ekstraksi). *Pangan Dan Agroindustri*, 3(3), 928–938.

- Masek, A., Zaborski, M., Kosmalska, A., dan Chrzeszczanska, E. (2012). Eco-friendly elastomeric composites containing Sencha and Gun Powder green tea extracts. *Comptes Rendus Chimie*, 2012, 15(4), 331–335. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2011.11.013>
- Mattila, H., Valev, D., Havurinne, V., Khorobrykh, S., Virtanen, O., Anttila, M., Mishra, K. B., dan Tyystjarvi, E. (2018). Degradation of chlorophyll and synthesis of flavonols during autumn senescence—the story told by individual leaves. *AoB Plants*, 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply028/4992655>
- Mertz, C., Brat, P., Caris-Veyrat, C., dan Gunata, Z. (2010). Characterization and thermal lability of carotenoids and vitamin C of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry*, 2010, 119(2), 653–659. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.009>
- Ni, Z., Kim, E. D., Ha, M., Lackey, E., Liu, J., Zhang, Y., Sun, Q., dan Chen, Z. J. (2009). Altered circadian rhythms regulate growth vigour in hybrids and allopolyploids. *Nature*, 2009, 457(7227), 327–331. <https://doi.org/10.1038/nature07523>
- Ošťádalová, M., Tremlová, B., Pokorná, J., dan Král, M. (2014). Chlorophyll as an indicator of green tea quality. *Acta Veterinaria Brno*, 2014, 83(January 2015), S103–S109. <https://doi.org/10.2754/avb201483S10S103>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., dan Al-Said, F. A.-J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 6, 36–60.
- Prawira-Atmaja, M. I., Sugeng Harianto, S., Maulana, H., dan Rohdiana, D. (2018). Physical characteristics of green tea powder processed by disc and stone mills. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 2018, 29(1), 77–84. <https://doi.org/10.6066/jtip.2018.29.1.77>
- Rohmat, N., Ibrahim, R., dan Riyadi, P. (2014). Pengaruh perbedaan suhu dan lama penyimpanan rumput laut sargassum polycystum terhadap stabilitas ekstrak kasar pigmen klorofil. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 2014, 3(1), 118–126.
- Rosida, D. F., Putri, N. A., dan Oktafiani, M. (2020). Karakteristik cookies tepung kimpul termodifikasi (*Xanthosoma sagittifolium*) dengan penambahan tapioka. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 2020, 14(1), 45–56. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v14i1.6309>
- Saati, E. A., Wachid, M., Nurhakim, M., Winarsih, S., dan Rohman, M. L. A. (2019). *Pigmen sebagai Zat Pewarna dan Antioksidan Alami*. UMM Press. 2019.
- Schoefs, B. (2002). Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. *Trends in Food Science and Technology*, 2002, 13(11), 361–371. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00182-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00182-6)
- Sharifian, F., Modarres-Motlagh, A., Komarizade, M. H., dan Nikbakht, A. M. (2013). Colour change analysis of fig fruit during microwave drying. *International Journal of Food Engineering*, 2013, 9(1), 107–114. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2012-0211>
- Suci, P. R. (2015). Pengaruh proses pengolahan biji melinjo (*Gnetum gnemon* L.) terhadap kadar total likopen dan karoten dengan metode spektrofotometri-vis. *Wiyata*, 2015, 2, 151–156.
- Sumenda, L. (2011). Analisis kandungan klorofil daun mangga (*Mangifera indica* L.) pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. *Jurnal Bios Logos*, 2011, 1(1). <https://doi.org/10.35799/jbl.1.1.2011.372>
- Suwanaruang, T. (2015). Comparison of chlorophyll a and chlorophyll b in dried tea leaves products. *Proceeding Book of Sakon Nakhon Rajabhat University International Conference*, 2015, 21–26.
- Trinovani, E., Prawira-Atmaja, M. I., Kusmiyati, M., Harianto, S., Shabri, dan Maulana, H. (2022). Total polyphenols and antioxidant activities of green tea powder from GMB 7 and GMB 9 tea clones. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, 974(1), 012113. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012113>
- Wang, L. F., Park, S. C., Chung, J. O., Baik, J. H., dan Park, S. K. (2004). The compounds contributing to the greenness of green tea. *Journal of Food Science*, 2004, 69(8), 301–305. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09894.x>
- Weemaes, C. A., Ooms, V., Van Loey, A. M., dan Hendrickx, M. E. (1999). Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47(6), 2404–2409. <https://doi.org/10.1021/jf980663o>
- Yang, C. S., dan Landau, J. M. (2000). Effects of tea consumption on nutrition and health. *The Journal of Nutrition*, 2000, 130(10), 2409–2412. <https://doi.org/10.1093/jn/130.10.2409>
- Yu, X.-L., dan He, Y. (2018). Fast nondestructive identification of steamed green tea powder adulterations in matcha by visible spectroscopy combined with chemometrics. *Spectroscopy Letters*, 2018, 51(2), 112–117. <https://doi.org/10.1080/00387010.2018.1430702>
- Yu, X., Hu, S., He, C., Zhou, J., Qu, F., Ai, Z., Chen, Y., dan Ni, D. (2019). Chlorophyll metabolism in postharvest tea (*Camellia sinensis* L.) leaves: Variations in color values, chlorophyll derivatives, and gene expression levels under different withering treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(38), 10624–10636. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03477>.