

## Pengaruh substitusi tepung tempe edamame (*Glycine max (L.) Merrill*) terhadap tekstur dan warna *crackers*

*The effect of edamame (Glycine max (L.) Merrill) tempeh flour substitution on the texture and color of crackers*

Difaa' Millati 'Izzah<sup>1</sup>\*, Aan Sofyan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
\*Email korespondensi: difaa.millati@gmail.com

### Informasi artikel:

Dikirim: 11 Desember 2025; disetujui: 24 Januari 2026; diterbitkan: 31 Maret 2026

### ABSTRACT

Indonesia has a high potential for edamame production, so it needs to be developed into value-added food products, one of which is through the use of edamame tempeh flour as a substitute for wheat flour in crackers. Edamame tempeh flour contains quite high protein and fiber, so it has the potential to increase the nutritional value of the product without reducing its physical characteristics. In addition, the use of edamame tempeh flour can be an alternative for diversification of legume-based foods that have a long shelf life and are easily applied in various product formulations. This study aims to determine the effect of edamame tempeh flour substitution (0%, 5%, and 15%) on the texture and color of crackers. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments including one control and two replications each. Crackers were made according to the standard formulation, then their texture was analyzed using an AMETEK TA1 Texture Analyzer to obtain hardness, fracture, crispiness, and crunchiness values. Color was analyzed using a CR-400 Colorimeter with  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  parameters. Data were tested using One Way ANOVA. The results showed that the substitution of edamame tempeh flour significantly affected the crunchiness parameter ( $p < 0.05$ ), but did not affect hardness, fracture, crispiness,  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  ( $p > 0.05$ ). Crunchiness decreased with increasing substitution of edamame tempeh flour, while other textures tended to be stable. The color parameter also did not show significant differences between treatments so that the addition of tempeh flour was not able to affect the  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values of the product.

**Keywords:** crackers, edamame tempeh flour, edamame, texture, color

### ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi produksi edamame yang tinggi sehingga perlu dikembangkan menjadi produk pangan bernilai tambah, salah satunya melalui pemanfaatan tepung tempe edamame sebagai substitusi tepung terigu pada *crackers*. Tepung tempe edamame mengandung protein dan serat yang cukup tinggi, sehingga berpotensi meningkatkan nilai gizi produk tanpa menurunkan karakteristik fisiknya. Selain itu, penggunaan tepung tempe edamame dapat menjadi alternatif diversifikasi pangan berbasis kacang-kacangan yang memiliki umur simpan panjang dan mudah diaplikasikan dalam berbagai formulasi produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung tempe edamame (*Glycine max (L.) Merrill*) terhadap tekstur dan warna *crackers*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan termasuk salah satunya kontrol dan masing-masing dua ulangan. *Crackers* dibuat mengikuti formulasi standar, kemudian dianalisis

teksturnya menggunakan *Texture Analyzer AMETEK TAI* untuk memperoleh nilai *hardness*, *fracture*, *crispiness*, dan *crunchiness*. Warna dianalisis menggunakan *Colorimeter CR-400* dengan parameter  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ . Data diuji menggunakan *ANOVA One Way*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe edamame berpengaruh nyata terhadap parameter *crunchiness* ( $p < 0,05$ ), namun tidak berpengaruh terhadap *hardness*, *fracture*, *crispiness*,  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  ( $p > 0,05$ ). *Crunchiness* menurun seiring peningkatan substitusi tepung tempe edamame, sedangkan tekstur lainnya cenderung stabil. Parameter warna juga tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan sehingga penambahan tepung tempe belum mampu memengaruhi nilai  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  produk.

**Kata kunci:** *crackers*, tepung tempe edamame, edamame, tekstur, warna

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan keanekaragaman hasil pertanian yang tinggi, mulai dari padi, umbi-umbian, sayuran, hingga kacang-kacangan. Keragaman komoditas ini tidak hanya memenuhi kebutuhan pangan domestik, tetapi juga memiliki potensi ekspor yang berdampak pada peningkatan pendapatan petani serta devisa negara. Salah satu komoditas kacang-kacangan yang semakin populer dan banyak dibudidayakan adalah edamame. Kacang edamame diminati karena cita rasanya yang khas dan nilai gizi yang tinggi, sehingga memiliki potensi besar baik untuk pasar lokal maupun internasional (Aprizkiyandari *et al.*, 2022).

Produksi edamame di Indonesia banyak terpusat di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur, dengan Jawa Timur sebagai penghasil terbesar. Kabupaten Jember tercatat memproduksi 27.732 ton edamame pada tahun 2013, dengan surplus 2.259 ton setelah dikonsumsi masyarakat (Putri, 2024). Ketersediaan edamame yang melimpah membuka peluang pengembangan diversifikasi produk pangan berbasis edamame yang bernilai tambah dan kaya gizi.

Secara nutrisi, edamame mengandung isoflavon yang berfungsi sebagai anti-kanker (Konovsky *et al.*, 2020) serta memiliki komposisi zat gizi yang tinggi, meliputi protein, vitamin, mineral, dan serat (Johnson *et al.*, 1999). Dibandingkan kedelai kuning, edamame memiliki karakteristik nutrisi berbeda, seperti kadar lemak lebih rendah,

kandungan karbohidrat lebih tinggi, dan kadar serat yang melimpah (Hasanah *et al.*, 2020). Edamame juga dikenal memiliki kandungan protein dengan asam amino esensial yang cukup lengkap, menjadikannya bahan pangan potensial untuk menunjang pola makan sehat (Sciarappa, 2004).

Salah satu pengolahan edamame yang berkembang adalah pembuatan tempe edamame. Fermentasi menggunakan *Rhizopus sp.* dapat meningkatkan pencernaan protein, meningkatkan kadar vitamin, serta memperbaiki sifat fisik kacang (Raharjo *et al.*, 2019). Namun, tempe edamame memiliki umur simpan yang relatif pendek akibat kadar air yang tinggi dan aktivitas mikroba yang berlanjut sehingga memicu degradasi protein dan pembentukan amonia (Mursyid *et al.*, 2014). Untuk memperpanjang daya simpan dan memperluas penggunaannya, tempe edamame dapat diolah menjadi tepung tempe edamame melalui proses pemotongan, blansir, pengeringan, dan penggilingan. Tepung ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk pangan, termasuk *crackers* (Selawati *et al.*, 2024).

*Crackers* merupakan produk berbasis tepung terigu yang memiliki tekstur renyah dan tidak memerlukan penambahan telur. Umumnya *crackers* dibuat dengan tepung terigu berprotein rendah sebab karakteristik ini menghasilkan tekstur yang rapuh dan renyah (Rachma *et al.*, 2025). *Crackers* yang menggunakan 100% tepung terigu menghasilkan nilai sensoris kerenyahan yang tinggi (Prabowo *et al.*, 2023). Namun penggunaan tepung terigu sebagai bahan utama menyebabkan produk tinggi kalori

tetapi rendah protein (Selawati *et al.*, 2024).

Salah satu upaya dalam meningkatkan nilai gizi, terutama pada kandungan protein, substitusi sebagian tepung terigu dengan tepung tempe edamame menjadi alternatif yang menarik. Tepung tempe edamame berpotensi meningkatkan kadar protein produk tanpa menurunkan karakteristik sensoris seperti kerenyahan (Seftiono *et al.*, 2019). Selain itu, peningkatan kandungan protein juga mendukung pemenuhan gizi, khususnya pada anak, serta berkontribusi dalam upaya pencegahan stunting (Wibowo dan Akbar, 2023).

Karakteristik fisik *crackers* sangat dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan. Warna merupakan atribut penting karena menentukan penerimaan konsumen. Tepung edamame memiliki warna hijau karena kandungan klorofil, sehingga berpotensi memengaruhi warna akhir *crackers* (Elvizahro *et al.*, 2021). Selain itu, peningkatan tepung berprotein tinggi dapat menyebabkan warna lebih gelap akibat reaksi *Maillard* selama pemanggangan (Arza dan Tirtavani, 2017). Kandungan protein tinggi pada tepung edamame juga meningkatkan daya ikat air yang dapat memengaruhi tekstur akhir produk (Kurniawan *et al.*, 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian mengenai pengaruh substitusi tepung tempe edamame terhadap karakteristik fisik *crackers*, khususnya tekstur dan warna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung tempe edamame (*Glycine max (L.) Merrill*) terhadap tekstur dan warna *crackers* sehingga dapat diperoleh formulasi yang optimal dengan kualitas yang baik serta tetap mempertahankan nilai gizi produk.

## METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan tempe edamame meliputi kedelai edamame segar, ragi, dan air aquades. Pembuatan tepung tempe edamame menggunakan bahan utama berupa tempe

edamame. Bahan untuk pembuatan *crackers* terdiri atas tepung terigu, tepung tempe edamame, gula, garam, ragi, *baking powder*, air, dan margarin.

### Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan tempe edamame meliputi panci, kompor, timbangan, gunting, tusuk gigi, sendok, nampan, saringan, plastik pembungkus, *sealer*, gelas ukur, dan stopwatch. Pembuatan tepung tempe edamame menggunakan pisau, talenan, *cabinet dryer*, grinder, ayakan 60 *mesh*, dandang, kompor, timbangan, dan alat pengatur suhu. Pembuatan *crackers* menggunakan baskom, timbangan, plastik wrap, *pasta maker*, *rolling pin*, pisau, garpu, talenan, gelas ukur, loyang, *baking paper*, oven, dan stopwatch.

### Metode

Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tiga taraf perlakuan, termasuk salah satunya yaitu kontrol yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung tempe edamame (*Glycine max (L.) Merrill*) terhadap tekstur dan warna.

### Pembuatan tempe edamame

Proses pembuatan tempe edamame mengacu pada Suknia dan Rahmani (2020), yaitu melalui tahapan penyortiran edamame, perendaman, pengupasan kulit ari, pencucian, perebusan, inokulasi ragi, pengemasan, dan fermentasi. Edamame direndam, dibersihkan, kemudian direbus hingga mencapai tekstur yang diinginkan. Setelah itu, biji didinginkan dan dicampur dengan ragi tempe secara merata. Biji yang telah diinokulasi kemudian dikemas dalam plastik berlubang dan difermentasikan pada suhu ruang hingga terbentuk tempe.

### Pembuatan tepung tempe edamame

Proses pembuatan tempe edamame mengacu pada Widyahapsari dan Setyawati (2024), yaitu melalui tahapan pengukusan, pengeringan, penghalusan, dan pengayakan. Tempe edamame dipotong tipis, kemudian dikukus dan didinginkan sebelum

dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* hingga kering. Setelah kering, tempe digiling hingga berbentuk tepung dan selanjutnya diayak menggunakan ayakan berukuran 60 *mesh*. Tepung yang dihasilkan kemudian ditimbang dan disimpan pada suhu dingin hingga digunakan.

### Pembuatan *crackers*

Formula yang digunakan dalam pembuatan *crackers* substitusi tepung tempe edamame berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Selawati *et al.* (2024), dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Formula *crackers* dengan substitusi tepung tempe edamame

Komposisi	Substitusi tepung tempe edamame (%)		
	0	5	15
Tepung tempe edamame (g)	0	5	15
Tepung terigu (g)	100	95	85
Gula (g)	2	2	2
Garam (g)	1	1	1
Air (ml)	44	44	44
Ragi (g)	1	1	1
<i>Baking powder</i> (g)	1	1	1
Margarin (g)	10	10	10

Prosedur pembuatan *crackers* mengacu pada Batista *et al.* (2019) dengan menimbang tepung terigu, tepung tempe edamame, gula, garam, ragi, *baking powder*, margarin, serta air sesuai formulasi. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampurkan dan diuleni sampai adonan kohesif. Selanjutnya, adonan didiamkan selama 30 menit sebelum dipipihkan hingga ketebalan 2 mm. Adonan yang telah pipih dipotong berbentuk persegi ukuran 4x4 cm dan permukaannya ditusuk menggunakan garpu. Potongan adonan kemudian dipanggang dengan suhu 180°C selama 15 menit. *Crackers* yang dihasilkan, kemudian ditimbang dan siap digunakan sebagai sampel.

### Pengujian tekstur

Pengujian tekstur *crackers* dilakukan dengan mengacu pada metode yang digunakan oleh Giannoutsos *et al.* (2023), yang menganalisis tekstur *crackers* melalui uji kompresi menggunakan *Texture Analyzer*. Pengujian dilakukan dengan alat *Texture Analyzer AMETEK TAI* yang dioperasikan melalui perangkat lunak *NEXYGEN Plus*. Sebelum pengujian, alat dikalibrasi dan *plunger* dipasang, kemudian sampel diletakkan pada meja uji dan jarak awal antara *plunger* dan sampel diatur.

Parameter uji seperti persen kompresi, kecepatan uji, dan kode sampel dimasukkan ke dalam perangkat lunak. Selanjutnya proses kompresi dijalankan hingga diperoleh kurva gaya deformasi, nilai kekerasan (*hardness*) ditentukan berdasarkan gaya maksimum, sedangkan pola puncak gaya digunakan untuk menentukan kepatahan (*fracture*), kerenyahan (*crispiness*), dan Tingkat kerenyahan (*crunchiness*).

### Pengujian warna

Pengujian warna *crackers* dilakukan dengan mengacu pada metode yang digunakan oleh Giannoutsos *et al.* (2023), yaitu menggunakan colorimeter berbasis sistem ruang warna CIE L, a, b\*. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Data Processor DP-400* dan *CR-400 Measuring Head*. Sebelum pengukuran, alat dikalibrasi menggunakan white plate sesuai standar pabrik. Sampel *crackers* diletakkan pada permukaan datar, kemudian CR-400 head ditempatkan di atas permukaan produk dan tombol "Enter" ditekan untuk memperoleh nilai L\*, a\*, dan b\*. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik permukaan *crackers*.

## Analisis data

Analisis data dilakukan menggunakan uji *ANOVA One Way* dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 20 untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung tempe edamame terhadap tekstur dan warna *crackers*. Uji *ANOVA One Way* diterapkan apabila data berdistribusi normal dan homogen. Apabila hasil *ANOVA* menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ), maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjutan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tekstur

Penambahan substitusi tepung tempe edamame memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) hanya terhadap tekstur crunchiness *crackers*, tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap parameter tekstur lainnya seperti hardness, fracture, dan crispiness ( $p > 0,05$ ) (Tabel 2). Temuan ini menunjukkan bahwa

komponen dalam tepung tempe edamame lebih berperan dalam menciptakan sensasi renyah dibandingkan dalam memperkuat struktur mekanik *crackers*. Hasil tersebut tidak sejalan dengan penelitian Düşkün *et al.* (2025), yang melaporkan bahwa penambahan serat oleaster pada *crackers* memberikan pengaruh signifikan terhadap beberapa parameter tekstur, termasuk hardness dan fracture force. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh karakteristik bahan yang digunakan, di mana peningkatan kadar serat pada oleaster mampu meningkatkan daya ikat air dan memperkuat struktur internal adonan sehingga menghasilkan tekstur lebih keras dan memerlukan gaya patahan lebih tinggi. Dengan demikian, dapat diinterpretasikan bahwa tepung tempe edamame memiliki sifat fungsional yang berbeda dibandingkan serat oleaster, sehingga efeknya lebih terbatas pada aspek crunchiness tanpa memengaruhi kekuatan patahan maupun kekerasan produk secara keseluruhan.

Tabel 2. Hasil perlakuan uji tekstur *crackers*

Parameter	Substitusi tepung tempe edamame (%)			Nilai <i>p</i>
	0	5	15	
<i>Hardness</i> (N)	501,27 ± 119,73	591,27 ± 70,73	508,15 ± 18,79	0,268
<i>Fracture</i> (N)	10,27 ± 4,05	12,23 ± 8,01	5,79 ± 2,94	0,281
<i>Crispiness</i>	1897,15 ± 450,07	2227,62 ± 281,14	2114,70 ± 37,32	0,346
<i>Crunchiness</i> (Nmm)	755,00 ± 202,87 <sup>a</sup>	655,31 ± 109,18 <sup>a</sup>	249,06 ± 47,86 <sup>b</sup>	0,00

Keterangan: Data (mean±SD) didapatkan dari dua ulangan. Data yang diikuti oleh huruf superskrip yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (DMRT,  $P < 0,05$ ).

### Hardness

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas, diketahui bahwa data kekerasan *crackers* berdistribusi normal dan homogen, sehingga dilanjutkan dengan uji *ANOVA one way*. Hasil uji menunjukkan nilai  $p = 0,268$ . Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh perlakuan perbedaan substitusi tepung tempe edamame 0%, 5%, dan 15% terhadap tingkat kekerasan *crackers*.

Hal ini sejalan dengan penelitian Nicole *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa

proses fermentasi dapat memengaruhi kekerasan apabila ditambahkan dalam jumlah yang cukup besar untuk mengubah pembentukan gluten dalam adonan. Pada substitusi yang kurang dari 50%, gluten dari tepung terigu lebih mendominasi struktur adonan, sehingga kekerasannya cenderung stabil antar perlakuan. Selain itu, penambahan tepung terigu (12,8% protein) secara nyata meningkatkan kekerasan karena memperkuat struktur gluten, sedangkan penambahan tempeh paste dalam jumlah kecil tidak memberikan perubahan signifikan.

## Fracture

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas, diketahui bahwa data kerapuhan *crackers* berdistribusi normal dan homogen. Selanjutnya dilakukan uji *ANOVA one way*. Hasil uji *ANOVA one way* diketahui nilai  $p=0,281$  ( $p>0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh secara nyata perlakuan perbedaan persentase substitusi tepung tempe edamame terhadap kerapuhan *crackers*.

Data hasil analisis kepatahan *crackers* yang di formulasikan dengan substitusi tepung tempe edamame (*Glycine max (L.) Merril*) pada tiga perlakuan tidak menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan. *Crackers* substitusi 5% menghasilkan tingkat kepatahan lebih tinggi, sehingga *crackers* menjadi kurang rapuh. Pada substitusi 15% tingkat kepatahan lebih menurun, sehingga *crackers* lebih mudah patah. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kandungan protein dan serat pada tepung tempe edamame yang pada kadar sedang mampu memperkuat struktur adonan, namun pada kadar yang lebih tinggi justru mengganggu jaringan gluten dan meningkatkan porositas. Hasil penelitian tidak sejalan dengan penelitian Düşkün *et al.* (2025) pada *crackers* dengan substitusi serat oleaster, di mana penambahan serat tersebut meningkatkan nilai *fracture force* akibat kemampuan serat dalam mengikat air dan membentuk struktur padat.

## Crispiness

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas, diketahui bahwa data kerenyahan *crackers* berdistribusi normal dan homogen. Selanjutnya dilakukan uji *ANOVA one way*. Hasil uji menunjukkan nilai  $p=0,346$  ( $p>0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe edamame hingga 15% tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kerenyahan *crackers*.

Hasil penelitian yang sudah dilakukan sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Meriles *et al.* (2022), dimana kerenyahan merupakan salah satu atribut penting pada *crackers* yang sangat

dipengaruhi oleh kadar air dan porositas produk. Kadar air yang rendah dan pori-pori yang terbentuk selama pemanggangan mendukung terciptanya tekstur yang renyah, adapun kadar air yang lebih tinggi akan mengurangi sensasi renyah.

## Crunchiness

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas, diketahui bahwa data tingkat kerenyahan *crackers* berdistribusi normal dan homogen. Selanjutnya dilakukan uji *ANOVA one way*. Hasil uji *ANOVA one way* diketahui nilai  $p=0,00$  ( $p<0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh secara nyata perlakuan perbedaan persentase substitusi tepung tempe edamame terhadap tingkat kerenyahan *crackers*. Selanjutnya, data dilakukan uji perbedaan dengan menggunakan uji *Duncan Multiple range Test* (DMRT). Tingkat kerenyahan *crackers* dengan substitusi tepung tempe edamame 0% berbeda nyata dengan tingkat kerenyahan *crackers* substitusi 15%.

Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe edamame berpengaruh nyata terhadap tingkat kerenyahan *crackers* dengan nilai tertinggi pada substitusi 0% dan menurun seiring dengan peningkatan persentase substitusi. Hal ini sejalan dengan penelitian Nicole *et al.* (2021), yang menyatakan bahwa perbedaan tingkat kerenyahan ini dipengaruhi oleh kandungan protein dan serat pada tempe edamame. Protein hasil fermentasi edamame bukan merupakan gluten, sehingga tidak mampu membentuk jaringan elastis yang berperan dalam mempertahankan struktur adonan. Selain itu, kandungan serat dapat mengganggu interaksi gluten yang tersisa, sehingga struktur yang terbentuk lebih rapuh dan mengurangi sensasi renyah yang optimal.

Temuan ini juga sejalan dengan penelitian Ujong *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa penambahan serat dalam formulasi *crackers* dapat mengubah densitas dan struktur internal adonan, sehingga menurunkan sensori *crispness*. Serat yang tinggi meningkatkan porositas tetapi

melemahkan kekuatan struktur, membuat produk lebih mudah hancur tanpa menghasilkan kerapuhan yang diharapkan. Selain itu, penelitian El-Hadidy *et al.* (2022) pada *crackers* bebas gluten menunjukkan bahwa ketiadaan gluten menyebabkan tekstur menjadi kurang renyah karena tidak terbentuknya jaringan protein yang mampu menahan gaya patahan.

### Warna

Nilai warna CIE Lab memberikan representasi warna terhadap suatu produk yang diuji, yaitu L\* mewakili kecerahan antara 0 sampai 100, a\* (+) mewakili warna merah antara 0 sampai 60, a\*(-) mewakili warna hijau antara 0 sampai -60, b\* (+)

mewakili warna kuning antara 0 sampai 60, dan b\* (-) mewakili warna biru antara 0 sampai -60. Pada tabel 3. dapat dilihat bahwa *crackers* yang dihasilkan dari substitusi tepung tempe edamame tidak memberikan pengaruh nyata ( $p>0,05$ ) terhadap nilai karakteristik warna (L\*, a\*, dan b\*). Hal ini dapat terjadi karena komposisi pigmen antara tepung terigu dan tepung tempe edamame serta intensitas reaksi pencoklatan nonenzimatis (*Maillard* dan karamelisasi) selama pemanggangan belum cukup besar untuk menimbulkan perubahan warna yang terukur secara statistik, sehingga warna akhir *crackers* tetap relatif seragam (Qi *et al.*, 2025)

Tabel 3. Hasil perlakuan uji warna *crackers*

Parameter	Substitusi tepung tempe edamame (%)			Nilai <i>p</i>
	0	5	15	
L*	59,19 ± 1,00	61,49 ± 0,21	59,57 ± 4,61	0,292
a*	11,68 ± 1,00	10,38 ± 1,32	9,71 ± 1,42	0,136
b*	38,28 ± 0,27	39,52 ± 2,37	39,50 ± 0,65	0,410

Keterangan: Data (mean±SD) didapatkan dari dua ulangan. Data yang diikuti oleh huruf superskrip yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (DMRT,  $P<0,05$ ).

### Nilai L\*

Berdasarkan hasil uji normalitas, diketahui bahwa data nilai kecerahan L\* *crackers* tidak berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji *Kruskal-Wallis*. Hasil uji *Kruskal-Wallis* diketahui nilai  $p=0,296$  ( $p>0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe edamame hingga 15% tidak terdapat pengaruh nyata terhadap nilai kecerahan L\* *crackers*. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan formulasi tidak menyebabkan perubahan signifikan dalam persepsi warna terang–gelap produk, sehingga semua perlakuan cenderung menghasilkan *crackers* dengan kecerahan relatif sama.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Millar *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa substitusi tepung legume pada *crackers* tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap nilai kecerahan L\* karena legume memiliki pigmen yang rendah intensitasnya serta warna alami yang cenderung pucat.

Karakteristik ini juga dimiliki oleh tepung tempe edamame, sehingga penambahannya tidak cukup kuat untuk mengubah kecerahan produk. Selain itu, warna akhir *crackers* lebih banyak ditentukan oleh reaksi pemanggangan (*Maillard*) dibandingkan oleh pigmen tepung legume, sehingga perubahan L\* antar perlakuan tetap stabil.

Faktor lain yang dapat memengaruhi nilai kecerahan L\*, yaitu interaksi formulasi adonan dan proses termal. Menurut Giannoutsos *et al.* (2023), interaksi formulasi adonan dan proses termal menyebabkan warna akhir yang lebih dipengaruhi oleh struktur kimia adonan seperti gula pereduksi, asam amino, dan kadar air, dibandingkan dengan pigmen awal.

### Nilai a\*

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung tempe edamame tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai a\* *crackers* ( $p>0,05$ ). Hal ini sejalan dengan penelitian

Pathare *et al.* (2012), yang menyatakan nilai  $a^*$  paling utama dipengaruhi oleh keberadaan pigmen merah, seperti karotenoid atau antosianin, serta reaksi pencokelatan non-enzimatis (*Maillard*) selama pemanggangan. Pada penelitian ini, tepung tempe edamame memiliki pigmen alami yang relatif rendah intensitasnya, sehingga tidak cukup memberikan kontribusi pada peningkatan warna merah. Selain itu, reaksi *Maillard* yang terjadi selama pemanggangan tidak cukup kuat untuk menghasilkan perbedaan kemerahan yang nyata antar perlakuan, sehingga nilai  $a^*$  tetap berada pada kisaran yang serupa.

Menurut penelitian Arza dan Tirtavani (2017), formulasi *crackers* dengan bahan berwarna pucat cenderung menghasilkan nilai  $a^*$  yang stabil karena pigmen awal bahan tidak dominan dalam menentukan warna akhir produk. Tepung tempe edamame memiliki warna krem-pucat, sehingga peningkatan kadar substitusi tidak menyebabkan perubahan signifikan terhadap intensitas warna merah *crackers*.

#### Nilai $b^*$

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas, diketahui bahwa data nilai  $b^*$  *crackers* berdistribusi normal dan homogen. Selanjutnya dilakukan uji ANOVA one way. Hasil uji ANOVA one way diketahui nilai  $p=0,410$  ( $p>0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tepung tempe edamame tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap intensitas warna kuning pada *crackers*. Nilai  $b^*$  menggambarkan gradasi warna biru–kuning, di mana nilai  $+b$  mengindikasikan kecenderungan warna semakin kuning, sedangkan nilai  $-b$  menunjukkan kecenderungan warna kebiruan (*Erben et al.*, 2015).

Tidak adanya perbedaan signifikan pada nilai  $b^*$  menunjukkan bahwa komponen pewarna alami pada tepung tempe edamame yang berasal dari klorofil dan hanya sedikit mengandung pigmen karotenoid tidak cukup kuat untuk mengubah arah warna *crackers* setelah melalui proses pemanggangan. Proses termal seperti pemanggangan

cenderung lebih berpengaruh terhadap pembentukan warna kuning kecokelatan melalui reaksi pencokelatan non-enzimatis, sehingga variasi jenis tepung dalam proporsi kecil tidak berdampak besar pada nilai  $b^*$  (*Lau et al.*, 2022).

Hasil ini sejalan dengan penelitian Artina *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa produk *crackers* berbahan tepung MOCAF dan kacang tunggak memiliki nilai  $b^*$  yang cenderung stabil, dengan warna krem-cokelat yang terbentuk terutama akibat proses pemanggangan dan bukan semata-mata dari warna bahan baku.

### KESIMPULAN

Perlakuan substitusi tepung tempe edamame pada *crackers* berpengaruh nyata hanya terhadap parameter *crunchiness* dengan nilai tertinggi pada *crackers* substitusi (0%) dan terendah pada substitusi 15%. Sedangkan perlakuan yang tidak berpengaruh nyata, yaitu terhadap parameter *hardness*, *fracture*, *crispiness*,  $L^*$  (kecerahan),  $a^*$  (kemerahan), dan  $b^*$  (kekuningan). Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan tepung tempe edamame memengaruhi *crunchiness* produk, sedangkan *hardness*, *fracture*, *crispiness*,  $L^*$  (kecerahan),  $a^*$  (kemerahan), dan  $b^*$  (kekuningan) *crackers* relatif stabil tanpa adanya perubahan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim penelitian Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta atas dukungan dan kontribusi yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah berperan aktif sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu gizi.

### DAFTAR PUSTAKA

Aprizkiyandari, S., Palupi, T., Anggorowati,

- D., & Darussalam. (2022). Penyuluhan budidaya kedelai edamame berpotensi ekspor di kabupaten kubu raya. *Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 3(2), 602–608.
- Artina, Z. J., Ayu, D. F., & Rahmayuni, R. (2023). The *crackers* of modified cassava flour (Mocaf) and cowpea flour: chemical and sensory properties. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1), 57–64. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2023.12.1.57>
- Arza, P. A., & Tirtavani, M. (2017). Pengembangan *crackers* dengan penambahan tepung ikan patin [*pangasius hypophthalmus*] dan tepung wortel [*Daucus carota* L.]. *Penelitian Gizi Dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research)*, 40(2), 55–62.
- Batista, A. P., Niccolai, A., Bursic, I., Sousa, I., Raymundo, A., Rodolfi, L., Biondi, N., & Tredici, M. R. (2019). Microalgae as functional ingredients in savory food products: Application to wheat *crackers*. *Foods*, 8(12) 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods8120611>
- Düşkün, B., Kutlu, G., Akman, P. K., Bekiroğlu, H., & Tornuk, F. (2025). Formulation of fiber-enriched *crackers* with oleaster powder: effect on functional, textural, and sensory attributes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 80(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11130-025-01323-w>
- El-Hadidy, G. S., Shaban, H. H., & Mospah, W. M. (2022). Gluten-free *crackers* preparation. *Journal of Food Research*, 11(3), 47–56. <https://doi.org/10.5539/jfr.v11n3p47>
- Elvizahro, L., Purwandari, A. D. A. N., Prastiwi, R. Y., Putri, S. E., & Majid, V. M. (2021). Formulations of edamame flour based enteral nutrition as an alternative liquid diet for stroke patients. *Academic Hospital Journal*, 3(1), 10–17. [www.journal.ugm.ac.id/ahj](http://www.journal.ugm.ac.id/ahj)
- Erben, M., Piagentini, A. M., & Osella, C. A. (2015). Kinetics of color development in fortified cookies. *Journal of Food and Nutrition Sciences* 3(5), 196–202. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20150305.16>
- Giannoutsos, K., Zalidis, A. P., Koukoumaki, D. I., Menexes, G., Mourtziinos, I., Sarris, D., & Gkatzionis, K. (2023). Production of functional *crackers* based on non-conventional flours. Study of the physicochemical and sensory properties.pdf. *Food Chemistry Advances*, 2(100194), 1–10.
- Hasanah, N., Permana, D. G. M., & Wisaniyasa, N. W. (2020). The effect of almond and edamame ratio on the characteristic of almond edamame milk. *Jurnal Itepa*, 9(4), 448–457.
- Johnson, D., Wang, S., & Suzuki, A. (1999). Edamame: A vegetable soybean for Colorado. In J. Janick (Ed.), *Perspectives on new crops and new uses* (pp. 385–387). ASHS Press, Alexandria, VA.
- Konovsky, J., Lumpkin, T. A., & McClary, D. (2020). Edamame: The vegetable soybean. *Understanding the Japanese Food and Agrimarket, 1988*(Gotoh 1984), 173–181. <https://doi.org/10.1201/9781003075172-15>
- Kurniawan, L. K., Ishartani, D., & Siswanti, S. (2020). Tingkat penerimaan panelis serta karakterisasi sifat fisik dan kimia snack bar tepung edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) dan tepung kacang hijau (*Vigna radiata*) dengan penambahan flakes talas (*Colocasia Esculenta*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 13(1), 20–28. <https://doi.org/10.20961/jthp.v13i1.36096>
- Lau, T., Clayton, T., Harbourne, N., Rodriguez-garcia, J., & Oruna-concha, M. J. (2022). Sweet corn cob as a functional ingredient in bakery products. *Food Chemistry: X*, 13 (1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100180>

- Meriles, S. P., Piloni, R., Cáceres, G. V., Penci, M. C., Marín, M. A., Ribotta, P., & Martínez, M. L. (2022). Compositional characteristics, texture, shelf-life and sensory quality of snack *crackers* produced from non-traditional ingredients. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 4689–4696.  
<https://doi.org/10.1111/ijfs.15303>
- Millar, K. A., Barry-ryan, C., & Gallagher, E. (2017). *Original article effect of pulse flours on the physiochemical characteristics and sensory acceptance of baked crackers*. 1155–1163.  
<https://doi.org/10.1111/ijfs.13388>
- Mursyid, Astawan, M., Muchtadi, D., Wresdiyati, T., Widowati, S., Bintari, S. H., & Suwarno, M. (2014). Evaluasi nilai gizi protein tepung tempe yang terbuat dari varietas kedelai impor dan lokal. *Jurnal Pangan*, 23(1), 33–42.
- Nicole, T. Z. H., Nichelle, T. S., Elizabeth, T. E., & Yuliarti, O. (2021). Formulation of functional *crackers* enriched with fermented soybean (tempeh) paste: rheological and microstructural properties. *Future Foods*, 4 (1), 1-9.  
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100050>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2012). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60.
- Prabowo, S., Candra, K. P., & Amin, A. S. (2023). Pengaruh formula tepung terigu dan tepung pisang talas (*Musa paradisiaca* var. *Sapientum* L.) terhadap karakteristik sensoris dan kimia *crackers*. *Journal of Tropical AgriFood*, 4(1), 61-67.
- Putri, H. R. (2024). Pembuatan Tempe Edamame Sebagai Media Untuk Pendidikan Biologi Unipar Jember. *BIO-CONS: Jurnal Biologi Dan Konservasi*, 6(1), 153–162.
- Qi, Y., Wang, W., Yang, T., Ding, W., & Xu, B. (2025). Maillard Reaction in Flour Product Processing : Mechanism , Impact on Quality , and Mitigation Strategies of Harmful Products. *Foods*, 14(15), 2721.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14152721>
- Rachma, S. F., Bahar, A., Pangesthi, L. T., Huda, I., & Dewi, P. (2025). Pengaruh substitusi tepung gatot dan jenis shortening (margarin dan mentega) terhadap sifat organoleptik kulit tartlet. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 4(2), 7233–7240.
- Raharjo, D. S., Bhuja, P., & Amalo, D. (2019). The effect of fermentation on protein content and fat content of tempeh gude (*Cajanus cajan*). *Jurnal Biotropikal Sains*, 16(3), 55–63.
- Sciarrappa, W. J. (2004). *Edamame: The vegetable soybean* (Fact sheet No. FS041). Rutgers Cooperative Research & Extension, New Jersey Agricultural Experiment Station.
- Seftiono, H., Dijuardi, E., & Pricila, S. (2019). Analisis proksimat dan total serat pangan pada *crackers* fortifikasi tepung tempe dan koleseom (Talinum triangulare). *Agritech*, 39(2), 143.
- Selawati, F., Ati Atul Quddus, & Mardiana. (2024). Karakteristik kimia dan organoleptik *crackers* dengan substitusi. *Jurnal Pangan dan Gizi* 14(2), 63-69.
- Suknia, S. L., & Rahmani, T. P. D. (2020). Proses pembuatan tempe home industry berbahan dasar kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) dan kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) di Candiwesi, Salatiga. *Southeast Asian Journal of Islamic Education*, 3(1), 59–76.  
<https://doi.org/10.21093/sajie.v3i1.2780>
- Ujong, A. E., Emelike, N. J. T., Woka, F. I., & Otekeiwebia JNR, F. (2023). Formulation of fiber enriched *crackers* biscuit: Effect on nutritional composition, physical and sensory properties. *Heliyon*, 9(5), e15941.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15941>
- Wibowo, N. I., & Akbar, A. A. (2023).

- Analisis kandungan protein dan daya terima putri salju substitusi tepung edamame (*Glycine max* (L) Merrill). *Jurnal Kesehatan*, 6(4), 430–442.
- Widyahapsari, D. A. N., & Setyawati, S. R. (2024). Formulasi serta karakterisasi sifat fisik dan kimia mi kering tersubstitusi tepung biji alpukat dan tepung tempe. *Warta Akab*, 48(1), 46–52.