

Pengaruh Substitusi Tepung Cangkang Telur terhadap Daya Terima *Oatmeal Cookies* pada Remaja Usia 10–15 Tahun

Nabiilah Nuur'ainii^{1*}, Annis Catur Adi²

¹⁻³Program Studi Gizi, Universitas Airlangga, Indonesia

*Penulis Korespondensi: nabiilah.nurainii-2022@fkm.unair.ac.id

Abstract. *Calcium deficiency among Indonesian adolescents remains a nutritional concern that necessitates the development of food products utilizing alternative calcium sources. Eggshell powder has potential as a calcium fortification ingredient due to its high calcium content and abundance as food waste. This study aimed to analyze the effect of eggshell powder substitution on the organoleptic characteristics and acceptability of oatmeal cookies among adolescents aged 10–15 years. This experimental study used a Completely Randomized Design with four substitution levels: 0% (F0), 5% (F1), 6% (F2), and 7% (F3). Organoleptic quality testing was conducted by three trained panelists, while hedonic testing was performed by 30 adolescent panelists on selected formulas (F0, F2, F3), analyzed using the Friedman test ($\alpha = 0.05$). Organoleptic quality results showed that F2 and F3 had characteristics closest to the control, while F1 showed higher negative attribute intensity in taste and texture parameters. Hedonic test results showed no significant differences between formulas across all parameters ($p > 0.05$), with mean scores ranging from 3.87 to 4.63 out of a scale of 5 (very much liked). Formula F3 is recommended as the best formula as it demonstrated acceptability comparable to the control while containing the highest calcium substitution level.*

Keywords: *Acceptability; Adolescents; Eggshell Powder; Oatmeal Cookies; Organoleptic.*

Abstrak. Defisiensi kalsium pada remaja Indonesia mendorong pengembangan produk pangan berbasis sumber kalsium alternatif, salah satunya tepung cangkang telur yang kaya kalsium dan melimpah sebagai limbah pangan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi tepung cangkang telur terhadap karakteristik organoleptik dan daya terima *oatmeal cookies* pada remaja usia 10–15 tahun. Penelitian eksperimen Rancangan Acak Lengkap ini menggunakan empat formula substitusi 0% (F0), 5% (F1), 6% (F2), dan 7% (F3). Uji mutu organoleptik dilakukan oleh tiga panelis terlatih, sedangkan uji hedonik dilakukan oleh 30 panelis remaja terhadap formula terpilih (F0, F2, F3), dianalisis menggunakan uji Friedman ($\alpha = 0,05$). Hasil uji mutu organoleptik menunjukkan F2 dan F3 memiliki karakteristik yang paling mendekati kontrol, sementara F1 menunjukkan intensitas atribut negatif lebih tinggi pada parameter rasa dan tekstur. Hasil uji hedonik menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antar formula pada seluruh parameter ($p > 0,05$), dengan rata-rata penilaian berkisar 3,87–4,63 dari skala 5 (sangat suka). Formula F3 direkomendasikan sebagai formula terbaik karena memiliki daya terima setara kontrol dengan kadar kalsium substitusi tertinggi.

Kata Kunci: Cangkang Telur; Daya Terima; *Oatmeal Cookies*; Organoleptik; Remaja.

1. LATAR BELAKANG

Remaja merupakan fase krusial dengan laju pertumbuhan fisik dan kognitif yang cepat, sehingga pemenuhan gizi yang adekuat menjadi sangat penting (Moore Heslin & McNulty, 2023). Salah satu zat gizi yang berperan penting adalah kalsium, yang merupakan komponen utama dalam pembentukan massa tulang. Asupan kalsium yang cukup pada masa remaja diperlukan untuk mencapai massa tulang puncak (*peak bone mass*/PBM) yang optimal, yang berperan dalam menurunkan risiko osteoporosis di usia lanjut (Fang *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2020; Zhu & Zheng, 2021). Usia 10–15 tahun merupakan periode penting dalam pembentukan massa tulang, seiring dengan terjadinya puncak percepatan pertumbuhan (*peak height velocity*).

Pada periode ini, terjadi akumulasi massa tulang yang signifikan, sehingga kecukupan asupan kalsium menjadi sangat diperlukan (Kralick & Zemel, 2020; McCormack *et al.*, 2017). Selain itu, penelitian menunjukkan adanya hubungan positif antara asupan kalsium dengan kepadatan mineral tulang pada remaja (Pan, Zhang, Yao, & Zhu, 2020).

Meskipun demikian, asupan kalsium pada anak dan remaja di Indonesia masih tergolong rendah. Data SEANUTS II menunjukkan bahwa 97,8% anak usia 7–12,9 tahun memiliki asupan kalsium yang belum memenuhi kebutuhan (Kekalih *et al.*, 2025). Rendahnya konsumsi kalsium salah satunya disebabkan oleh rendahnya preferensi terhadap sumber kalsium seperti susu, yang umumnya memiliki harga relatif mahal (Khoiriyah *et al.*, 2024; Shlisky *et al.*, 2022; Suryono & Setiawan, 2021). Oleh karena itu, diperlukan alternatif sumber kalsium yang lebih ekonomis dan mudah diakses.

Salah satu sumber kalsium potensial adalah cangkang telur ayam, yang merupakan limbah pangan dengan kandungan kalsium tinggi. Tepung cangkang telur dilaporkan mengandung kalsium sekitar 36.200 mg per 100 gram (Shahnila *et al.*, 2022). Selain itu, ketersediaannya yang melimpah di Indonesia menjadikannya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan fortifikasi dalam produk pangan (FAO, 2024). Beberapa penelitian telah memanfaatkan tepung cangkang telur untuk meningkatkan nilai gizi produk pangan, termasuk dalam aspek komposisi kimia dan karakteristik organoleptik (Arnold, Rajagukguk, & Gramza-Michałowska, 2021; Ray, Kumar Barman, Kumar Roy, & Kumar Singh, 2017; Zerek, Ersoy, & Ersoy, 2022).

Namun, penggunaan tepung cangkang telur dalam produk pangan berpotensi mempengaruhi karakteristik organoleptik, seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur. Perubahan karakteristik tersebut dapat mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen, khususnya pada remaja yang cenderung memiliki preferensi tertentu terhadap makanan. Oleh karena itu, selain mempertimbangkan nilai gizinya, aspek daya terima menjadi faktor penting dalam pengembangan produk pangan berbasis tepung cangkang telur. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi tepung cangkang telur terhadap karakteristik organoleptik dan daya terima oatmeal cookies pada remaja usia 10–15 tahun.

2. KAJIAN TEORITIS

Remaja dan Kebutuhan Kalsium

Remaja merupakan fase transisi antara masa anak-anak dan dewasa dengan rentang usia 10–19 tahun (Sawyer, Azzopardi, Wickremarathne, & Patton, 2018).

Pada periode ini terjadi pertumbuhan dan perkembangan yang pesat, termasuk peningkatan massa tulang yang signifikan. Usia 10–15 tahun merupakan fase penting dalam pembentukan massa tulang puncak (*Peak Bone Mass/PBM*), yaitu kondisi ketika kandungan mineral tulang (*Bone Mineral Content/BMC*) dan kepadatan mineral tulang (*Bone Mineral Density/BMD*) mencapai tingkat optimal (Zhu & Zheng, 2021).

Kalsium merupakan komponen utama dalam pembentukan massa tulang, sehingga kebutuhan kalsium pada remaja relatif tinggi. Berdasarkan Angka Kecukupan Gizi (AKG), kebutuhan kalsium pada remaja usia 10–15 tahun adalah sebesar 1200 mg per hari (Kemenkes RI, 2019). Pemenuhan kebutuhan kalsium yang adekuat selama masa pertumbuhan berperan penting dalam mencapai PBM yang optimal (Fang *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2020).

Asupan kalsium yang tidak mencukupi selama masa pertumbuhan dapat berdampak negatif terhadap pembentukan dan kepadatan tulang, serta meningkatkan risiko osteoporosis di usia lanjut (Ciosek, Kot, Kosik-Bogacka, Łanocha-Arendarczyk, & Rotter, 2021). Sekitar 60% kasus osteoporosis pada usia lanjut dikaitkan dengan rendahnya akumulasi PBM pada masa pertumbuhan (Yang *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan kalsium pada remaja menjadi aspek penting dalam upaya menjaga kesehatan tulang jangka panjang.

Tepung Cangkang Telur sebagai Sumber Kalsium

Cangkang telur merupakan salah satu limbah pangan yang memiliki kandungan kalsium tinggi, dimana sebagian besar komposisinya terdiri atas kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 94–98% (Arnold *et al.*, 2021; Bartter *et al.*, 2018; Ray *et al.*, 2017; Singh, Kelkar, Natarajan, & Selvaraj, 2021; Waheed *et al.*, 2019). Melalui proses pengeringan dan penggilingan, cangkang telur ayam dapat diolah menjadi tepung cangkang telur yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam produk pangan (Pebrianti, Wardani, Ghaffar, & Yuliyani, 2023). Tepung cangkang telur dilaporkan mengandung kalsium sekitar 36.200 mg per 100 gram, sehingga berpotensi sebagai sumber kalsium alternatif (Shahnila *et al.*, 2022). Pemanfaatan tepung cangkang telur telah dilakukan pada berbagai produk pangan, seperti *cookie*, biskuit, dan puding, dengan tujuan meningkatkan nilai gizi, khususnya kandungan kalsium (Pebrianti *et al.*, 2023; Shahnila *et al.*, 2022; Zerek *et al.*, 2022).

Namun, penambahan tepung cangkang telur dalam produk pangan juga dapat mempengaruhi karakteristik organoleptik. Kandungan kalsium karbonat berpotensi menimbulkan rasa pahit serta sensasi *earthy*, sementara dari segi tekstur dapat menyebabkan kesan lebih keras dan berpasir. Selain itu, warna tepung yang cenderung putih dapat mempengaruhi warna produk menjadi lebih cerah (Gómez-Alvarez & Zapata Montoya, 2024; Yuliana *et al.*, 2021).

Uji Organoleptik

Evaluasi sensori atau uji organoleptik merupakan metode penilaian kualitas produk dengan menggunakan pancaindra manusia, meliputi penglihatan, penciuman, perasa, dan peraba untuk menilai atribut seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur (Ruiz-Capillas & Herrero, 2021; Tanone & Prasetya, 2019). Uji ini berperan penting dalam pengembangan produk pangan karena dapat memberikan informasi mengenai karakteristik organoleptik serta tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu produk (Ana, Subekti, Hamidah, & Komariah, 2017). Secara umum, evaluasi organoleptik dapat dibedakan menjadi uji analitis dan uji afektif. Uji analitis digunakan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan karakteristik organoleptik produk, salah satunya melalui penilaian mutu organoleptik yang menggambarkan intensitas atribut seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur. Sementara itu, uji afektif bertujuan untuk mengetahui tingkat kesukaan atau penerimaan konsumen terhadap produk melalui uji hedonik (Ruiz-Capillas & Herrero, 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan berupa substitusi tepung cangkang telur (TCT) terhadap tepung terigu serbaguna pada formula *oatmeal cookie*. Terdapat empat perlakuan yang diberikan, yaitu F0 (0%), F1 (5%), F2 (6%), dan F3 (7%) substitusi TCT. Tahapan dalam penelitian ini meliputi pembuatan tepung cangkang telur, pengembangan produk *oatmeal cookie*, uji mutu organoleptik, dan diakhiri dengan uji hedonik.

Proses pembuatan tepung cangkang telur mengacu pada metode Handayani, Samsul, & Prasetya, (2022) dengan modifikasi pada proses pengeringan. Cangkang telur dibersihkan dan membrannya dihilangkan, kemudian direbus dalam air mendidih selama 15 menit. Selanjutnya, dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 80°C (Afzal, 2020; Chilek *et al.*, 2018; Ray *et al.*, 2017).

Pemanasan dengan suhu 80°C selama 44,1–63,0 menit efektif dalam mengurangi *Salmonella* hingga 7-log (Khodadadi, Masoumi, & Sadeghi, 2024), melebihi target (5-log) penurunan patogen pada produk pangan dengan kadar air rendah seperti tepung (Liu, Roopesh, Tang, Wu, & Qin, 2022). Cangkang telur kemudian dihaluskan dengan grinder kopi dan diayak dengan saringan 100 *mesh* sehingga didapatkan tepung dengan ukuran partikel seragam.

Formulasi dan cara pembuatan *oatmeal cookie* mengacu pada Powell, (2023) yang telah dimodifikasi. Resep tersebut menghasilkan 19 keping *cookie* dengan berat masing-masing 53 g *cookie*.

Tabel 1. Formulasi *Oatmeal Cookie* dengan Substitusi Tepung Cangkang Telur.

Bahan	Formula (g)			
	F0	F1	F2	F3
Tepung terigu serba guna	200	190	188	186
Tepung Cangkang Telur	0	10	12	14
Tepung maizena	15	15	15	15
Baking soda	3	3	3	3
Margarin	170	170	170	170
<i>Brown sugar</i>	120	120	120	120
Gula pasir	100	100	100	100
Telur ayam	56	56	56	56
Kuning telur ayam	17	17	17	17
Perisa vanila	5	5	5	5
Kismis	100	100	100	100
<i>Chocochips</i>	80	80	80	80
<i>Rolled Oat</i>	150	150	150	150

Pembuatan *oatmeal cookie* diawali dengan menimbang seluruh bahan. *Rolled oat* disangrai selama 5 menit hingga berwarna coklat keemasan. Bahan kering (tepung terigu, tepung cangkang telur, baking soda, tepung maizena, dan *rolled oat*) dicampur merata. Secara terpisah, margarin, gula pasir, dan *brown sugar* dikocok dengan *mixer* kecepatan sedang selama 5 menit, kemudian ditambahkan telur, kuning telur, dan perisa vanila dan dikocok kembali selama 3 menit. Campuran bahan kering ditambahkan secara bertahap ke dalam adonan basah, lalu kismis dan *chocochips* diaduk hingga rata. Adonan dicetak sebesar 53 g per keping, dibentuk bulat, dan disimpan dalam *chiller* selama 2 jam. *Cookie* dipanggang pada suhu 177°C selama 13 menit, kemudian dibiarkan di atas loyang selama 2 menit sebelum dipindahkan ke suhu ruang.

Uji mutu organoleptik dilakukan dengan memberikan keempat sampel (F0, F1, F2, F3) kepada tiga panelis terlatih menggunakan angket skala mutu organoleptik untuk menilai intensitas perbahan organoleptik (warna, aroma, rasa, dan tekstur) yang terjadi akibat substitusi TCT. Formula kontrol dan 2 formula modifikasi dengan mutu organoleptik menyerupai formula kontrol akan melalui uji hedonik. Uji hedonik dilakukan oleh 30 panelis tidak terlatih yang menilai tiga sampel menggunakan angket hedonik skala 5 poin.

Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk hasil uji mutu organoleptik panelis terlatih yang disajikan dalam bentuk tabel. Data hasil uji hedonik dianalisis menggunakan uji *Friedman* dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung cangkang telur ayam terhadap daya terima produk. Apabila terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji *Wilcoxon signed-rank* untuk mengidentifikasi pasangan formula yang berbeda secara signifikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Mutu Organoleptik

Hasil uji mutu organoleptik oatmeal *cookie* oleh panelis terlatih disajikan dalam tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Modus Penilaian Mutu Organoleptik oleh Panelis Terlatih.

Formula	Parameter			
	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
F0	1 & 2 & 3	1	1	1
F1	1	1	2	2
F2	2	2	1	2
F3	1 & 2 & 3	1	1	1

Keterangan Skala Mutu Organoleptik:

Warna : 1 = sangat cokelat, 2 = cokelat, 3 = agak cokelat, 4 = pucat, 5 = sangat pucat

Aroma : 1 = Tidak tercium aroma earthy/tanah, 2 = sedikit tercium, 3 = cukup tercium, 4 = tercium kuat, 5 = tercium sangat kuat

Rasa : 1 = Tidak terdapat rasa pahit/asing, 2 = sedikit terasa, 3 = cukup terasa, 4 = terasa kuat, 5 = terasa sangat kuat

Tekstur: 1 = Tidak terdapat tekstur berpasir, 2 = sedikit tekstur berpasir, 3 = Tekstur berpasir cukup terasa 4 = Tekstur berpasir kuat 5 = Tekstur berpasir sangat kuat

Secara umum, seluruh formula masih memenuhi karakteristik sensori *oatmeal cookie* yang diharapkan, yaitu warna cokelat hingga cokelat muda, aroma khas *cookie* tanpa dominasi aroma *earthy*, rasa yang tidak pahit atau hanya sedikit pahit, serta tekstur tanpa sensasi berpasir yang dominan. Panelis juga menyatakan bahwa perbedaan antar formula relatif kecil, terutama pada atribut warna dan aroma yang cenderung homogen. Namun, pada parameter rasa dan tekstur, terdapat perbedaan yang lebih terlihat antar formula, F1 menunjukkan intensitas atribut negatif yang secara konsisten terdeteksi oleh panelis dibandingkan formula lainnya. Pola paradoks ini diduga disebabkan oleh dua faktor utama.

Pertama, urutan penyajian sampel berpotensi menimbulkan *sensory adaptation effect*, yaitu kondisi ketika indera panelis yang masih segar saat menilai F1 menyebabkan sensitivitas deteksi lebih tinggi dibandingkan penilaian formula berikutnya. Hal ini sejalan dengan temuan Lang, Lang, Dunkel, Ziegler, & Behrens, (2022) yang menunjukkan bahwa konsumsi produk secara berurutan dapat secara signifikan mempengaruhi persepsi rasa stimulus yang dicicipi berikutnya. Maurya, (2024) juga menyatakan bahwa *fatigue sensoris* dapat menurunkan konsistensi respons panelis dalam sesi pengujian berulang.

Faktor kedua yaitu konsentrasi partikel tepung cangkang telur yang lebih tinggi pada F3 diduga menyebabkan partikel terdistribusi lebih merata dalam matriks adonan sehingga justru lebih sulit terdeteksi secara individual. Fenomena ini didukung oleh Shewan, Stokes, & Smyth, (2020) yang secara *counter-intuitif* menemukan bahwa partikel lebih mudah terdeteksi pada konsentrasi rendah dibandingkan konsentrasi tinggi. Selain itu, struktur matriks pangan turut berpengaruh terhadap persepsi tekstur berpasir, peningkatan konsentrasi partikel dalam matriks yang lebih padat dapat mengurangi kemampuan panelis mendeteksi partikel secara individual Laguna *et al.*, (2021).

Uji Hedonik

Berdasarkan hasil uji mutu organoleptik, F2 dan F3 dipilih sebagai formula terpilih karena menunjukkan karakteristik organoleptik yang paling mendekati kontrol (F0), sehingga kedua formula tersebut digunakan dalam uji hedonik untuk menilai tingkat penerimaan panelis konsumen, yaitu remaja usia 10–15 tahun. Hasil uji hedonik disajikan pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Rata-rata Penilaian Uji Hedonik *Oatmeal Cookies*.

Formula	Parameter				Mean
	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur	
F0	3,97	4,27	4,33	4,17	4,19
F2	4,10	4,20	4,60	4,07	4,29
F3	3,87	4,13	4,63	4,10	4,18

Hasil uji hedonik menunjukkan bahwa rata-rata penilaian seluruh formula berada pada rentang 3,87–4,63, mengindikasikan bahwa ketiga formula berada pada kategori netral (suka dan tidak suka) hingga suka oleh panelis remaja usia 10–15 tahun. Secara keseluruhan, hasil uji Friedman menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar formula pada seluruh parameter yang diuji ($\alpha > 0,05$). Hal tersebut mengindikasikan bahwa panelis tidak dapat membedakan ketiga formula secara bermakna dan seluruh formula memiliki tingkat penerimaan yang setara.

Warna

Pada parameter warna, F2 memperoleh nilai rata-rata tertinggi (4,10), diikuti F0 (3,97) dan F3 (3,87), meskipun hasil uji Friedman menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar formula ($\alpha = 0,236 > 0,05$). Hasil ini diduga berkaitan dengan efek tepung cangkang telur dalam mengurangi warna kekuningan dan kemerahan pada produk sehingga menghasilkan warna lebih cerah (Gómez-Alvarez & Zapata Montoya, 2024), yang cenderung lebih disukai oleh panelis remaja.

Hasil ini sejalan dengan Yuliana *et al.*, (2021) yang menunjukkan bahwa panelis cenderung lebih menyukai warna formula dengan substitusi tepung cangkang telur, meskipun pengaruhnya terhadap preferensi baru dapat terdeteksi pada perbedaan konsentrasi yang lebih besar.

Aroma

Pada parameter aroma, F0 memperoleh nilai rata-rata tertinggi (4,27), diikuti F2 (4,20) dan F3 (4,13). Hasil uji Friedman menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antar formula ($\alpha = 0,611 > 0,05$), mengindikasikan bahwa panelis tidak dapat membedakan aroma ketiga formula secara bermakna. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh dominasi aroma khas *cookie* dari perpaduan gula, margarin, perisa vanila, dan *chocochips* yang menutupi perbedaan aroma antar formula. Hasil ini konsisten dengan beberapa penelitian sebelumnya, yaitu penambahan tepung cangkang telur hingga 8% pada *brownies* (Esmaeili, Barzegar, Yazdi, & Karimi, 2025), hingga 9% pada *cookie* (Zerek *et al.*, 2022), dan hingga 20% pada biskuit (Shahnila *et al.*, 2022), yang seluruhnya menunjukkan tidak adanya perubahan signifikan pada daya terima aroma produk.

Rasa

Pada parameter rasa, F3 memperoleh nilai rata-rata tertinggi (4,63), diikuti F2 (4,60) dan F0 (4,33). Hasil uji Friedman menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar formula ($\alpha = 0,074 > 0,05$). Hal ini konsisten dengan temuan Esmaeili *et al.*, (2025) yang menunjukkan bahwa efek negatif pada rasa baru terdeteksi pada penambahan tepung cangkang telur lebih dari 8%, serta sejalan dengan Zerek *et al.*, (2022) yang menunjukkan bahwa penambahan tepung cangkang telur hingga 9% tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penerimaan rasa produk. Variasi penilaian antar panelis diduga disebabkan oleh perbedaan sensitivitas individual dalam mempersepsikan rasa manis yang dipengaruhi oleh faktor fisiologis seperti jumlah kuncup pengecap (*taste buds*) dan faktor psikologis seperti suasana hati dan emosi (Starkey *et al.*, 2022).

Tekstur

Pada parameter tekstur, F0 memperoleh nilai rata-rata tertinggi (4,17), diikuti F3 (4,10) dan F2 (4,07). Hasil uji Friedman menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar formula ($\alpha = 0,960 > 0,05$). Nilai F0 yang lebih tinggi diduga berkaitan dengan teksturnya yang lebih rapuh dibandingkan formula modifikasi, sesuai dengan preferensi panelis remaja terhadap *cookie* yang lembut dan mudah hancur.

Tekstur yang lebih keras pada formula modifikasi dikaitkan dengan kandungan CaCO_3 dalam tepung cangkang telur yang berperan sebagai agen penstabil dan membentuk ikatan silang dengan protein gluten sehingga meningkatkan kekakuan adonan (Gómez-Alvarez & Zapata Montoya, 2024). Hal ini juga didukung oleh Suryati, Maherawati, & Hartanti, (2019) yang menyatakan bahwa penambahan tepung cangkang telur berbanding lurus dengan peningkatan kekerasan *cookie*. Meskipun demikian, perbedaan tersebut tidak cukup besar untuk dideteksi secara sensoris oleh panelis tidak terlatih, sejalan dengan Shahnila *et al.*, (2022) yang menunjukkan bahwa perubahan signifikan pada tekstur baru terdeteksi pada substitusi 15%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Substitusi tepung cangkang telur pada *oatmeal cookies* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap daya terima remaja usia 10–15 tahun pada seluruh parameter yang diuji, yaitu warna, aroma, rasa, dan tekstur ($\alpha > 0,05$). Seluruh formula modifikasi (F2 dan F3) memperoleh rata-rata penilaian pada kategori suka hingga sangat suka, dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 4,29 (F2) dan 4,18 (F3), yang setara dengan formula kontrol F0 (4,19). Berdasarkan hasil uji mutu organoleptik, F2 dan F3 menunjukkan karakteristik organoleptik yang paling mendekati kontrol, sementara F1 menunjukkan intensitas atribut negatif yang lebih tinggi pada parameter rasa dan tekstur. Dengan demikian, substitusi tepung cangkang telur hingga 7% pada *oatmeal cookies* dapat diterima oleh remaja usia 10–15 tahun dan berpotensi dikembangkan sebagai alternatif produk pangan sumber kalsium.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya jumlah panelis terlatih yang terbatas ($n=3$) serta urutan penyajian sampel yang tidak diacak pada uji mutu organoleptik, sehingga berpotensi mempengaruhi objektivitas penilaian akibat *sensory adaptation effect*. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis kandungan kalsium produk guna memvalidasi manfaat gizinya, serta menggunakan jumlah panelis terlatih yang lebih besar dan menerapkan randomisasi urutan penyajian untuk meningkatkan reliabilitas hasil uji mutu organoleptik.

DAFTAR REFERENSI

Afzal, F. (2020). Effect of eggshell powder fortification on the physicochemical and organoleptic characteristics of muffins. *Pure and Applied Biology*, 9(2), 1488–1496. <https://doi.org/10.19045/bspab.2020.90154>

- Ana, A., Subekti, S., Hamidah, S., & Komariah, K. (2017). Organoleptic Test Patisserie Product Based on Consumer Preference. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *180*, 012294. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/180/1/012294>
- Arnold, M., Rajagukguk, Y. V., & Gramza-Michałowska, A. (2021). Functional Food for Elderly High in Antioxidant and Chicken Eggshell Calcium to Reduce the Risk of Osteoporosis—A Narrative Review. *Foods*, *10*(3), 656. <https://doi.org/10.3390/foods10030656>
- Bartter, J., Diffey, H., Yeung, Y. H., O’Leary, F., Häsler, B., Maulaga, W., & Alders, R. (2018). Use of Chicken Eggshell to Improve Dietary Calcium Intake in Rural sub-Saharan Africa. *Maternal & Child Nutrition*, *14*(S3). <https://doi.org/10.1111/mcn.12649>
- Chilek, T. Z. T., Kairuaman, N. A., Ahmad, F., Wahab, R. A., Zamri, A. I., & Mahmood, A. (2018). Development of white bread fortified with calcium derived from eggshell powder. *Malaysian Applied Biology*, *47*(6), 29–39.
- Ciosek, Ż., Kot, K., Kosik-Bogacka, D., Łanocha-Arendarczyk, N., & Rotter, I. (2021). The Effects of Calcium, Magnesium, Phosphorus, Fluoride, and Lead on Bone Tissue. *Biomolecules*, *11*(4), 506. <https://doi.org/10.3390/biom11040506>
- Esmaeili, A., Barzegar, M., Yazdi, A. P. G., & Karimi, A. (2025). Eggshell powder as a mineral source for calcium fortification of brownie. *Applied Food Research*, *5*(2), 101232. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101232>
- Fang, A., Li, K., Li, H., Guo, M., He, J., Shen, X., & Song, J. (2017). Low Habitual Dietary Calcium and Linear Growth from Adolescence to Young Adulthood: results from the China Health and Nutrition Survey. *Scientific Reports*, *7*(1), 9111. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08943-6>
- FAO. (2024). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2024*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd2971en>
- Gómez-Alvarez, L. M., & Zapata Montoya, J. E. (2024). Effect of fortification with CaCO₃ nanoparticles obtained from eggshell on the physical and sensory characteristics of three food matrices. *Heliyon*, *10*(2), e24442. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24442>
- Handayani, Y. F., Samsul, E., & Prasetya, F. (2022). Formulasi Snack Bar Tinggi Kalsium Dari Tepung Limbah Cangkang Telur Sebagai Sumber Nutrisi Kalsium. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, *16*, 9–14.
- Kekalih, A., Chandra, D. N., Mirtha, L. T., Khouw, I., Wong, G., & Sekartini, R. (2025). Dietary intakes, nutritional and biochemical status of 6 months to 12-year-old children before the COVID-19 pandemic era: the South East Asian Nutrition Survey II Indonesia (SEANUTS II) study in Java and Sumatera Islands, Indonesia. *Public Health Nutrition*, *28*(1), e1. <https://doi.org/10.1017/S1368980024001654>

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Retrieved from Kementerian Kesehatan Republik Indonesia website: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/138621/permenkes-no-28-tahun-2019>
- Khodadadi, M., Masoumi, A., & Sadeghi, M. (2024). Drying, a practical technology for reduction of poultry litter (environmental) pollution: methods and their effects on important parameters. *Poultry Science*, *103*(12), 104277. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104277>
- Khoiriyah, N., Apriliawan, H., Maula, L. R., Sa'diyah, A. A., Forgenie, D., Susyanti, J., & Nendissa, D. R. (2024). Examining Indonesian protein consumption patterns and factors: A probit model. *BIO Web of Conferences*, *143*, 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414301003>
- Kralick, A. E., & Zemel, B. S. (2020). Evolutionary Perspectives on the Developing Skeleton and Implications for Lifelong Health. *Frontiers in Endocrinology*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00099>
- Laguna, Laura., Rizo, Arantxa., Pineda, Delia., Pérez, Sara., Gamero, Amparo., & Tárrega, Amparo. (2021). Food matrix impact on oral structure breakdown and sandiness perception of semisolid systems including resistant starch. *Food Hydrocolloids*, *112*, 106376. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106376>
- Lang, R., Lang, T., Dunkel, A., Ziegler, F., & Behrens, M. (2022). Overlapping activation pattern of bitter taste receptors affect sensory adaptation and food perception. *Frontiers in Nutrition*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1082698>
- Liu, S., Roopesh, M. S., Tang, J., Wu, Q., & Qin, W. (2022). Recent development in low-moisture foods: Microbial safety and thermal process. *Food Research International*, *155*, 111072. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111072>
- Maurya, N. K. (2024). Selection and Performance of Sensory Panelists: A Comprehensive Review of Factors Influencing Sensory Evaluation Outcomes. *Nutrition and Food Processing*, *07*(15), 01–07. <https://doi.org/10.31579/2637-8914/278>
- McCormack, S. E., Cousminer, D. L., Chesi, A., Mitchell, J. A., Roy, S. M., Kalkwarf, H. J., ... Zemel, B. S. (2017). Association Between Linear Growth and Bone Accrual in a Diverse Cohort of Children and Adolescents. *JAMA Pediatrics*, *171*(9), e171769. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1769>
- Moore Heslin, A., & McNulty, B. (2023). Adolescent nutrition and health: characteristics, risk factors and opportunities of an overlooked life stage. *Proceedings of the Nutrition Society*, *82*(2), 142–156. <https://doi.org/10.1017/S0029665123002689>
- Pan, K., Zhang, C., Yao, X., & Zhu, Z. (2020). Association between dietary calcium intake and BMD in children and adolescents. *Endocrine Connections*, *9*(3), 194–200. <https://doi.org/10.1530/EC-19-0534>

- Pebrianti, S., Wardani, Y. S., Ghaffar, M., & Yuliyani, L. (2023). Use of Chicken Eggshell Powder to Improve Calcium Content in Egg-Milk Pudding as a Food to Prevent Stunting and its Sensory Acceptability. *International Journal of Current Science Research and Review*, 06(11). <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V6-i11-43>
- Powell, A. (2023). *Cookie School: Recipes, Tips and Techniques for Perfectly Baked Treats*. Page Street Publishing Co. ebook.
- Ray, S., Kumar Barman, A., Kumar Roy, P., & Kumar Singh, B. (2017). The Pharma Innovation Journal 2017; 6(9): 01-04 Chicken eggshell powder as dietary calcium source in chocolate cakes. *The Pharma Innovation Journal*, 6, 1–4. Retrieved from www.thepharmajournal.com
- Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021). Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. *Foods*, 10(3), 582. <https://doi.org/10.3390/foods10030582>
- Sawyer, S. M., Azzopardi, P. S., Wickremarathne, D., & Patton, G. C. (2018). The age of adolescence. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 2(3), 223–228. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(18\)30022-1](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(18)30022-1)
- Shahnaila, S., Arif, S., Pasha, I., Iftikhar, H., Mehak, F., & Sultana, R. (2022). Effects of eggshell powder supplementation on nutritional and sensory attributes of biscuits. *Czech Journal of Food Sciences*, 40(1), 26–32. <https://doi.org/10.17221/309/2020-CJFS>
- Shewan, H. M., Stokes, J. R., & Smyth, H. E. (2020). Influence of particle modulus (softness) and matrix rheology on the sensory experience of ‘grittiness’ and ‘smoothness.’ *Food Hydrocolloids*, 103, 105662. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105662>
- Shlisky, J., Mandlik, R., Askari, S., Abrams, S., Belizan, J. M., Bourassa, M. W., ... Weaver, C. (2022). Calcium deficiency worldwide: prevalence of inadequate intakes and associated health outcomes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1512(1), 10–28. <https://doi.org/10.1111/nyas.14758>
- Singh, A., Kelkar, N., Natarajan, K., & Selvaraj, S. (2021). Review on the extraction of calcium supplements from eggshells to combat waste generation and chronic calcium deficiency. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(34), 46985–46998. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15158-w>
- Starkey, D. E., Wang, Z., Brunt, K., Dreyfuss, L., Haselberger, P. A., Holroyd, S. E., ... Vrasidas, I. (2022). The Challenge of Measuring Sweet Taste in Food Ingredients and Products for Regulatory Compliance: A Scientific Opinion. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 105(2), 333–345. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsac005>
- Suryati, S., Maherawati, M., & Hartanti, L. (2019). Karakteristik Fisiokimia dan Oorganoleptik Cookies Dengan Penambahan Puree Labu Kuning dan Tepung Cangkang Telur Ayam. *FoodTech: Jurnal Teknologi Pangan*, 2(1), 12. <https://doi.org/10.26418/jft.v2i1.38020>
- Suryono, & Setiawan, B. (2021). The Effects of Milk Consumption on Blood Calcium Concentration and Bone Density of Adolescents Boys. *Indonesian Food Science and Technology Journal*, 5(1), 12–16.

- Tanone, R., & Prasetya, H. B. (2019). Designing and Implementing an Organoleptic Test Application for Food Products Using Android Based Decision Tree Algorithm. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 13(10), 134. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i10.9669>
- Waheed, M., Butt, M. S., Shehzad, A., Adzahan, N. M., Shabbir, M. A., Rasul Suleria, H. A., & Aadil, R. M. (2019). Eggshell calcium: A cheap alternative to expensive supplements. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.021>
- Yang, X., Zhai, Y., Zhang, J., Chen, J.-Y., Liu, D., & Zhao, W.-H. (2020). Combined effects of physical activity and calcium on bone health in children and adolescents: a systematic review of randomized controlled trials. *World Journal of Pediatrics*, 16(4), 356–365. <https://doi.org/10.1007/s12519-019-00330-7>
- Yuliana, P. H., Diwan, A. M., Permatasari, K. D., Lestari, G. D., Hariyanti, R., Puspita, S. E., ... Naja, Z. (2021). The Effect of Chicken Eggshell Flour Addition on the Characteristics of Cookies. *Proceedings of the 3rd International Conference on Social Determinants of Health*, 234–241. SCITEPRESS - Science and Technology Publications. <https://doi.org/10.5220/0010757900003235>
- Zerek, E., Ersoy, N., & Ersoy, G. (2022). Determination of some nutritional and quality properties of eggshell powder added cookies. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 3315–3320. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01419-w>
- Zhu, X., & Zheng, H. (2021). Factors influencing peak bone mass gain. *Frontiers of Medicine*, 15(1), 53–69. <https://doi.org/10.1007/s11684-020-0748-y>