

Pengaruh Aditif Hidrokoloid Terhadap Kohesivitas Dan Volume Pengembangan Serta Skor Penerimaan Donat Melalui Singkong Bebas Gluten

Rita Hayati^{1*}, Jafrizal¹, Edi Efrita¹, Neti Kesumawati¹, Rita Feni¹, Yukiman Armadi¹

¹Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Indonesia

*Email korespondensi : ritahayati@umb.ac.id

ABSTRAK

Donat berbasis singkong bebas gluten merupakan produk sehat terutama bagi penderita Seliak dan sensitif gluten. Singkong merupakan sumber karbohidrat alternatif yang banyak tersedia dan belum dimanfaatkan dengan baik. Kendala tepung singkong dalam produk bakeri seperti donat adalah kurangnya kemampuan membentuk kohesivitas atau daya lekat merupakan sifat fisik tekstur dan volume pengembangan yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menguji penggunaan jenis dan konsentrasi hidrokoloid terhadap kohesivitas volume pengembangan dan skor penerimaan bakeri donat singkong bebas gluten. Menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dua faktor, penelitian ini menguji empat jenis hidrokoloid *Xanthan Gum*/XG, *Guar Gum*/GG, *Hydroxypropyl Methylcellulose*/HPMC, dan *Carboxymethyl Cellulose*/CMC pada lima tingkat konsentrasi (0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, dan 2.0%) dengan tiga ulangan per perlakuan (total 60 unit percobaan). Parameter yang diukur meliputi kohesivitas (rasio *Texture Profile Analyzer* (TPA), volume pengembangan spesifik (cm³/g), dan skor penerimaan keseluruhan (skala hedonik 1-7). Hasil menunjukkan bahwa CMC menghasilkan kohesivitas tertinggi (0.675 pada konsentrasi 2.0%) dan volume pengembangan terbaik (3.62 cm³/g pada 2.0%), diikuti oleh GG dan HPMC. Skor penerimaan keseluruhan tertinggi diperoleh pada HPMC 1.5% (7.49) dan CMC 1.5% (7.37), menunjukkan bahwa konsentrasi Hidrokoloid tinggi (1.0-1.5%) memberikan keseimbangan optimal antara Kohesivitas dan penerimaan konsumen. XG menunjukkan peningkatan kohesivitas yang lebih lambat dan volume pengembangan yang lebih rendah dibandingkan hidrokoloid lainnya. Temuan ini memberikan panduan praktis dalam formulasi donat singkong bebas gluten mengenai kohesivitas dan volume pengembangan serta penerimaan konsumen yang optimal, serta berkontribusi pada pengembangan produk Donat bebas gluten berbasis singkong yang lebih berkualitas.

Kata kunci: Donat, bebas gluten, singkong, hidrokoloid

ABSTRACT

Gluten-free cassava-based doughnuts represent a healthy bakery product, particularly for individuals with celiac disease and gluten sensitivity. Cassava is an abundant alternative carbohydrate source; however, its utilization remains limited. One of the major challenges of using cassava flour in bakery products such as doughnuts is its poor ability to form a cohesive dough, resulting in inferior textural properties and low expansion volume. This study aimed to evaluate the effects of different types and concentrations of hydrocolloids on the cohesiveness, specific volume, and overall acceptability of gluten-free cassava doughnuts. A two-factor factorial experiment based on a Completely Randomized Design (CRD) was employed. Four hydrocolloid types—xanthan gum (XG), guar gum (GG), hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), and carboxymethyl cellulose (CMC)—were tested at five concentration levels (0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0%), with three replications for each treatment, resulting in a total of 60 experimental units. The evaluated parameters included cohesiveness (Texture Profile Analysis, TPA ratio), specific volume (cm³/g), and overall acceptability (7-point hedonic scale). The results demonstrated that CMC produced the highest cohesiveness (0.675 at 2.0% concentration) and the greatest specific volume (3.62 cm³/g at 2.0%), followed by GG and HPMC. The highest overall acceptability scores were obtained for HPMC at 1.5% (7.49) and CMC at 1.5% (7.37), indicating that hydrocolloid concentrations of 1.0–1.5% provided the optimal balance between dough cohesiveness and consumer acceptance. In contrast, XG exhibited a slower improvement in cohesiveness and produced lower specific volume than the other hydrocolloids. These findings provide practical guidance for optimizing the formulation of gluten-free cassava doughnuts by improving cohesiveness, specific volume, and consumer acceptance, thereby contributing to the development of higher-quality cassava-based gluten-free doughnut products.

Keywords: gluten-free doughnuts, cassava, hydrocolloids, cohesiveness, specific volume

PENDAHULUAN

Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan sumber karbohidrat alternatif yang aman dalam pembuatan produk bakeri bagi penderita seliak (*celiac disease*), Produk bebas gluten kebutuhannya meningkat Dalam beberapa tahun terakhir (Reyes & Arteaga, 2024), sensitivitas gluten dan penyakit seliak di kalangan konsumen (Rej *et al.*, 2020). Untuk produk bebas gluten karena ketersediaannya yang melimpah, harga yang terjangkau, dan sifat fungsionalnya yang baik memberikan warna komersial yang baik pada produk akhir (Sigüenza *et al.*, 2021), Penyakit seliak dan sensitivitas gluten telah mendorong peningkatan permintaan produk bakeri bebas gluten di seluruh dunia (Harsono *et al.*, 2021).

Produk bakeri berbasis singkong bebas gluten menghadapi tantangan signifikan dalam hal tekstur termasuk kohesivitas, volume pengembangan, dan penerimaan konsumen karena tidak adanya jaringan gluten yang memberikan struktur dan elastisitas pada produk Adonan bebas gluten, termasuk yang berbasis singkong, sifat reologis yang buruk, yang mempengaruhi kemampuan adonan untuk menahan gas selama pembuatan dan pemanggangan. Kendala penggunaan tepung singkong dalam produk bakeri seperti Donat adalah kurangnya kemampuan membentuk tekstur dan volume pengembangan (Manano *et al.*, 2021). Hal ini menghasilkan volume roti yang lebih kecil dan struktur remah yang lebih padat (Cappelli *et al.*, 2020). Hal ini menyebabkan donat berbasis singkong cenderung menghasilkan kohesivitas rendah mudah hancur dan volume pengembangan yang rendah secara keseluruhan penerimaan konsumen akan rendah.

Solusi permasalahan perlu penambahan Aditif Hidrokoloid yang berfungsi sebagai pengganti gluten untuk meningkatkan viskositas adonan, memperbaiki retensi gas selama fermentasi dan pengorengan untuk membentuk struktur yang lebih kohesif pada hasil akhir (Alamri *et al.*, 2022 ; Rozylo *et al.*, 2021). Menurut Tohmouzi *et al.* (2026) Hidrokoloid telah terbukti efektif sebagai pengganti fungsional gluten dalam sistem bakeri bebas gluten. Hidrokoloid seperti *xanthan gum* (XG), *guar gum* (GG), *hydroxypropyl methylcellulose* (HPMC), dan *carboxymethyl cellulose* (CMC) dapat meningkatkan viskositas adonan, retensi gas, dan kualitas tekstur produk akhir (Parsamaja *et al.*, 2025; Gonzales *et al.*, 2025). Tepung singkong tidak mengandung protein gluten seperti tepung gandum yang berfungsi sebagai pembentuk jaringan struktur perekat antar partikel dan menahan gas. Tanpa gluten,

struktur adonan menjadi lemah, ikatan antar partikel menjadi renggang, sehingga kohesivitasnya rendah, mudah hancur, dan volume pengembangan kecil, padat dan kempes serta berongga tidak teratur

Namun, efek spesifik jenis dan konsentrasi hidrokoloid terhadap karakteristik bakeri donat bebas gluten berbasis singkong belum banyak diteliti. Penelitian tentang jenis dan konsentrasi aditif hidrokoloid terhadap kualitas donat singkong bebas gluten masih terbatas. (Zhang *et al.*, 2022). Hal ini perlu berbagai inovasi yang dapat meniru kualitas produk bakeri panggang konvensional bebas gluten. (Reyes & Arteaga, 2024). Penelitian ini berfokus pada penggunaan bahan baku lokal, seperti singkong, bebas gluten dan mudah didapat dan melimpah di berbagai daerah di Bengkulu. Donat singkong bebas gluten ditambahkan aditif hidrokoloid mempengaruhi kohesivitas dan volume pengembangan pada produk akhir (Oluwakemisola, 2025). Tekstur dan volume pengembangan merupakan aspek penting dalam penilaian kualitas produk bakeri. (Guiné, 2022). Penerimaan konsumen sebagai atribut sensorik produk bebas gluten, seperti tekstur dan rasa, seringkali tidak memenuhi harapan konsumen, yang menyebabkan penerimaan yang lebih rendah dibandingkan dengan bakeri yang mengandung gluten (Mir *et al.*, 2021 ; Pasqualone *et al.*, 2010).

Mengatasi kendala tersebut penambahan aditif Hidrokoloid menjadi solusi yang efektif. Hidrokoloid adalah polisakarida atau protein yang dapat membentuk gel atau meningkatkan viskositas dalam sistem pangan (Pirsa & Hafezi, 2022). Pada produk bebas gluten, hidrokoloid berfungsi meniru peran gluten dalam meningkatkan retensi gas (Zhao *et al.*, 2021). Memperbaiki struktur adonan, meningkatkan volume produk dan memperpanjang umur simpan (Abdullahi *et al.*, 2022). Berbagai jenis aditif hidrokoloid seperti XG, GG, HPMC, dan CMC telah terbukti memberikan efek positif pada kualitas produk bebas gluten (Encina-Zelada *et al.*, 2019)

Menurut Sigüenza-Andrés *et al.* (2021) penambahan 10% produk singkong (tepung atau pati) dapat meningkatkan volume spesifik roti bebas gluten, dan pati singkong menghasilkan remah yang lebih kohesif dan lebih lembut setelah penyimpanan 7 hari dibandingkan kontrol. Namun, peningkatan konsentrasi singkong hingga 20% dapat mengurangi volume spesifik, menunjukkan pentingnya optimasi formulasi. Mekanisme kerja hidrokoloid meliputi pembentukan jaringan polimer yang menahan air, interaksi dengan komponen pati, dan stabilisasi gelembung udara dalam adonan (Kanu *et al.*,

2025). Hidrokoloid dapat secara signifikan meningkatkan kualitas produk bakeri bebas gluten. Menurut Harsono *et al.* (2021) bahwa penambahan CMC hingga 2% pada roti yang diperkaya bekatul meningkatkan volume spesifik menjadi 3.61 cm³/g dan kohesivitas menjadi 0.67, peningkatan kelembutan (Sciarini *et al.* 2023), menemukan bahwa galactomanan dari *Gleditsia triacanthos* meningkatkan volumeroti bebas gluten sekitar 12% sedangkan XG menurunkan volume sekitar 12% pada konsentrasi tinggi

Xanthan gum merupakan *polisakarida ekstraseluler* yang diproduksi oleh *Xanthomonas campestris*. XG memiliki kemampuan pembentuk gel yang kuat dan stabilitas viskositas yang baik pada berbagai pH dan suhu (Patil *et al.*, (2019). *Xanthan gum* meningkatkan viskositas adonan dan dapat meningkatkan volume pada konsentrasi tertentu, namun konsentrasi tinggi atau hidrasi yang tidak tepat dapat mengurangi volume dan meningkatkan kekerasan. Menurut Sciarini *et al.*, 2023; Mankute *et al.*, 2026). GG merupakan *galaktomanan* yang diekstrak dari biji *Cyamopsis tetragonoloba*. GG meningkatkan viskoelastisitas adonan dan volume roti serta mengurangi kekerasan remah, menunjukkan sinergi yang baik dengan hidrokoloid lain dan efektif dalam meningkatkan retensi air (Mensah *et al.*., 2025.).

HPMC adalah turunan selulosa yang larut dalam air, pada konsentrasi rendah (sekitar 1%) menghasilkan volume spesifik yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 2% dalam roti bebas gluten berbasis beras dan mengurangi kekerasan selama penyimpanan 24-72 jam (Abdolzadeh *et al.*, 2023). HPMC membentuk film yang fleksibel dan meningkatkan retensi gas. CMC merupakan turunan selulosa anionik, CMC hingga konsentrasi 2% meningkatkan volume spesifik dan kohesivitas, serta mengurangi kekerasan remah pada roti komposit bebas gluten (Harsono *et al.*, 2021). CMC juga efektif dalam meningkatkan karakteristik fisik produk bakeri bebas gluten lainnya seperti cookies dan cakes pada konsentrasi hingga 1% (Mohseni *et al.*, 2025 ; Sutrisno *et al.*, 2021).

Kebaruan penelitian ini terletak pada modifikasi kombinasi beberapa jenis dengan variasi konsentrasi aditif hidrokoloid pada produk donat singkong bebas gluten untuk menghasilkan kohesivitas dan pengembangan, serta penerimaan terbaik sebagai solusi dari permasalahan donat singkong. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan beberapa jenis aditif hidrokoloid terhadap kohevisitas, volume pengembangan

dan tingkat penerimaan produk donat singkong bebas gluten.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Jl. Merapi 15 E Tebeng Ratu Agung Kota Bengkulu. Analisa di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Fakultas Pertanian dan Peternakan dari Desember 2025 sampai Maret 2026.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu tepung singkong (*Cassava flour*) dengan kadar air maksimal 12%, Hidrokoloid: XG, GG, HPMC, dan CMC Gula pasir, ragi instan (*Saccharomyces cerevisiae*), garam, telur, margarin, susu bubuk, air, minyak goreng.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu *mixer* adonan, timbangan analitik (ketelitian 0.01 g), termometer, *texture analyzer*, oven, donat *cutter*, penggorengan (*deep fryer*) dengan kontrol suhu, alat pengukur volume (*Volume Displacement Method*), *desikator*, plastik kemasan, *Texture Profile Analysis* (Jingti China) dan *bread volumeter* (National) *Loaf Volumeter* standar ukuran donat negara produsen Prancis, piring, sendok, gelas dan formulir penilaian

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan Acak Lengkap Faktorial dua faktor dengan Faktor A jenis hidrokoloid : A1 = XG, A2 = GG, A3 = HPMC, A4 = CMC, dengan Faktor B konsentrasi: B1 = 0% (kontrol), B2 = 0,5%, B3 = 1,0%, B4 = 1,5%, B5 = 2,0% ulangan 3 per kombinasi dengan total unit percobaan 60 dengan setiap kombinasi perlakuan terdapat 5 donat total keseluruhan donat adalah 300 donat analisa data menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA pada taraf 5%, jika terdapat interaksi nyata atau pengaruh nyata dari faktor tunggal, analisis dilanjutkan dengan uji *Duncans Multiple Range Test* (DMRT).

Parameter pengujian terhadap kohesivitas, volume pengembangan, dan skor penerimaan keseluruhan 7 level (Peryam dan Pilgrim., 1957). Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif yang dapat memberikan panduan praktis untuk optimasi formulasi donat singkong bebas gluten dengan kualitas bagus dan disukai.

Pembuatan donat bebas gluten mengikuti prosedur yang diadaptasi dari penelitian sebelumnya dengan modifikasi (Lestari, L.A, *et al*, 2019), sebagai berikut:

1. Persiapan bahan: Masing-masing kombinasi perlakuan tepung singkong 800 g dicampur dengan hidrokoloid sesuai kombinasi perlakuan dan diaduk hingga homogen.
2. Pembuatan adonan: Ragi instan 10 gram dilarutkan dalam air hangat (35-40°C), dicampur dengan 100 gram gula halus dan garam 2,5 gram, didiamkan selama 10 menit. Campurkan tepung singkong hidrokoloid, gula, garam, dan 3 butir telur dalam mixer. Larutan ragi ditambahkan secara bertahap sambil mixer beroperasi pada kecepatan rendah. Margarin 100 gram ditambahkan dan adonan di-mixer hingga kalis dan elastis (sekitar 15-20 menit).
3. Fermentasi pertama: Adonan diletakkan dalam wadah tertutup dan difermentasi pada suhu ruang (28-30°C) selama 60 menit atau hingga volume mengembang dua kali lipat.
4. Pembentukan: Adonan dikempeskan (*punching down*), kemudian dipipihkan dengan ketebalan sekitar 1,5 cm. Adonan dipotong menggunakan cetakan donat dengan diameter luar 8 cm dan diameter dalam 3 cm.
5. Fermentasi kedua (*proofing*): Donat yang telah dibentuk diletakkan di atas loyang yang telah diolesi minyak dan difermentasi kembali selama 30-45 menit hingga mengembang.
6. Penggorengan: Donat digoreng dalam minyak panas (170-180°C) selama 2-3 menit per sisi hingga berwarna keemasan.
7. Pendinginan dan pengemasan: Donat ditiriskan, didinginkan pada suhu ruang, kemudian dikemas dalam plastik kedap udara untuk pengujian. Semua bahan ditimbang dengan presisi berat per donat 40 gram lalu dicetak menggunakan alat pencetak (Donat cutter)

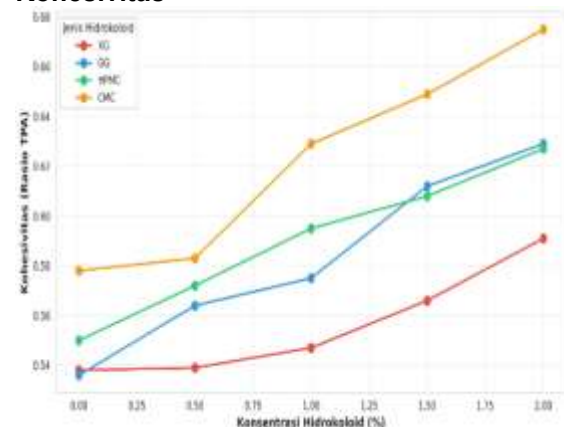
Parameter Pengukuran Kohesivitas: Diukur menggunakan *Texture Profile Analysis* (TPA). Kohesivitas dihitung sebagai rasio luas area kompresi kedua terhadap luas area kompresi pertama saat sampel ditekan dua kali berturut-turut dengan kecepatan dan kedalaman yang sama, mencerminkan kemampuan produk untuk mempertahankan struktur internal setelah deformasi (Laignier *et al.*, 2022). Volume Pengembangan Spesifik: Dihitung sebagai volume donat (cm³) dibagi berat donat (g), menggunakan metode *displacement* pengukuran dimensi

geometris (Bugarin *et al.*, 2023). Volume spesifik yang lebih tinggi menunjukkan struktur remah yang lebih terbuka dan aerasi yang lebih baik.

Skor penerimaan keseluruhan dievaluasi oleh 30 panelis 14 orang perempuan dan 16 orang laki-laki rentang usia 22 – 57 tahun, menggunakan skala hedonik 1- 7 dimana (1 = sangat tidak suka, 2= tidak suka, 3 = agak tidak suka, 4 = netral, 5 = agak suka, 6 = suka dan 7 = sangat suka). Pengujian dilakukan antara jam 09.00 – 11.00 Wlb Data diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata kesukaan pada setiap parameter yang dinilai (Warna, aroma, tekstur, rasa, penerimaan keseluruhan). Panelis wajib minum air putih bersuhu ruang sebagai pembilas mulut saat mencicipi sampel donat yang berbeda, untuk mencegah efek sisa donat yang menempel di rongga mulut panelis dan menghindari efek *Carry over* tekstur hidrokoloid.

Analisis data menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf 5% dengan *Metode desirability function*, menggunakan *software statistik* SPSS versi 25 dan *Microsoft Excel* 2019. *Microsoft Word* untuk mengevaluasi uji parameter kohesivitas, volume pengembangan, dan penerimaan keseluruhan. Uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dilakukan untuk membandingkan perbedaan antar perlakuan pada tingkat signifikans $\alpha = 0.05$. Visualisasi data dilakukan menggunakan grafik garis untuk menunjukkan perbandingan antar perlakuan.

Hasil dan Pembahasan Pengaruh Hidrokoloid Terhadap Kohesivitas



Gambar 1. Jenis dan Konsentrasi Hidrokoloid terhadap Kohesivitas Donat Singkong

Gambar 1 menunjukkan bahwa semua jenis hidrokoloid meningkatkan kohesivitas donat singkong bebas gluten diuji setelah penggorengan dan ditiriskan kemudian

didinginkan 10–15 menit sebelum dinilai menunggu struktur donat stabil, seiring dengan peningkatan konsentrasi dengan laju berbeda CMC menunjukkan peningkatan kohesivitas yang paling konsisten dan tinggi mencapai 0.675 pada konsentrasi 2.0% setelah dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA pada taraf 5 %, uji lanjut DMRT, yang sejalan dengan temuan Harsono *et al.* (2021) yang melaporkan kohesivitas 0.67 pada roti yang diperkaya bekatul dengan 2% CMC.

Peningkatan kohesivitas oleh CMC dapat membentuk jaringan polimer yang kuat melalui interaksi elektrostatis dengan komponen pati dan protein, serta kapasitas pengikatan air yang tinggi yang memfasilitasi pembentukan struktur remah yang lebih kohesif (Harsono *et al.*, 2021; Herculano *et al.*, 2021). CMC mudah larut dalam air, membentuk larutan kental yang stabil, memiliki kemampuan menahan air yang baik. Peningkatan konsentrasi mulai dari 0,5% hingga 2% meningkatkan kohesivitas, karena semakin banyak interaksi Hidrokoloid bertindak sebagai antiretrogradasi dengan cara menyisip diantara rantai *amilosa* dan *amilopektin* untuk mencegah saling berikatan kembali membentuk jaringan dan menahan partikel pati. Interaksi jenis hidrokoloid menentukan mekanisme pengikatan air dan pembentukan matriks sedangkan konsentrasi menentukan seberapa kuat kompetisi pengikatan air dengan HPMC menunjukkan peningkatan kohesivitas mencapai 0.627 pada konsentrasi 2.0%. HPMC membentuk film yang fleksibel dan meningkatkan retensi air, yang berkontribusi pada struktur remah yang lebih kohesif (Abdollahzadeh *et al.*, 2023; Indahsari *et al.*, 2023). GG meningkatkan viskositas dan meningkatkan tekstur produk bebas gluten. Ini telah digunakan untuk menghasilkan tekstur yang lebih lembut dalam mie bebas gluten dan juga dapat meningkatkan kohesi donat berbasis singkong (Shutheevies *et al.*, 2020).

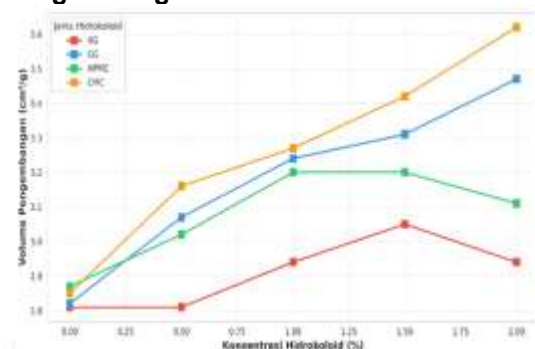
GG menunjukkan peningkatan kohesivitas yang substansial, mencapai 0.629 pada konsentrasi 2.0%. Sebagai galaktomanan GG meningkatkan viskoelastisitas adonan dan membentuk jaringan yang menahan air dan menstabilisasi struktur remah. Menurut Sciarini *et al* (2023) bahwa galaktomanan dari *Gleditsia riacanthos* menghasilkan adonan lebih mengembang dan remah yang lebih kohesif dibandingkan dengan XG, mendukung temuan bahwa galaktomanan seperti GG efektif dalam meningkatkan kohesivitas produk bebas gluten.

XG efektif dalam meningkatkan viskositas dan elastisitas adonan bebas gluten, yang dapat meningkatkan kohesivitas produk akhir. Telah terbukti meningkatkan volume dan

tekstur spesifik roti dan pancake bebas gluten, membuatnya lebih lembut dan lebih kohesif (Ghaemi *et al.*, 2024). XG menunjukkan peningkatan kohesivitas yang paling lambat di antara hidrokoloid lainnya, mencapai 0.591 pada konsentrasi 2.0%. Meskipun XG meningkatkan viskositas adonan secara signifikan dibandingkan dengan F tabel 5 % berdasarkan analisis statistik, perbedaan jenis dan konsentrasi hidrokoloid berpengaruh nyata terhadap kohesivitas donat (p , 0,05), dibandingkan CMC atau GG. Hal ini disebabkan sifat reologi XG yang sangat *pseudoplastik*, yang dapat menghambat pengembangan struktur remah yang optimal pada konsentrasi tinggi (Sciarini *et al.*, 2023; Mankute *et al.*, 2026).

Sciarini *et al.*, (2023) melaporkan bahwa XG pada konsentrasi tinggi dapat mengurangi volume dan meningkatkan kekerasan, berhubungan dengan pembentukan struktur yang kurang kohesif. Nilai kohesivitas donat yang dapat diterima konsumen berkisar antara 0,45 – 0,75. Nilai yang terlalu rendah donat sangat mudah rapuh dan hancur saat digigit jika kohesivitas terlalu tinggi maka tekstur menjadi kenyal karena donat kehilangan karakteristik empuknya, disebabkan oleh terbentuknya jaringan gel yang terlalu rapat pada donat.

Pengaruh Hidrokoloid Terhadap Volume Pengembangan Donat



Gambar 2. Jenis dan Konsentrasi Hidrokoloid terhadap Volume Pengembangan Donat Singkong

Gambar 2 menunjukkan bahwa pengaruh hidrokoloid sangat signifikan ($p < 0,01$) terhadap volume pengembangan yang bervariasi tergantung pada jenis dan konsentrasi hidrokoloid. Kontrol tanpa hidrokoloid menunjukkan volume pengembangan terendah, hal ini karena ketidakmampuan adonan untuk menahan gas yang dihasilkan selama fermentasi CMC menunjukkan peningkatan volume pengembangan yang paling konsisten dan tertinggi, mencapai 3.62 cm³/g pada

konsentrasi 2.0%, yang sangat dekat dengan nilai 3.61 cm³/g. Menurut Harsono *et al.* (2021) roti dengan CMC 2% dapat meningkatkan volume pengembangan adonan dan retensi gas selama proses fermentasi dan penggorengan, serta stabilisasi gelembung udara melalui pembentukan film di *interface* udara-adonan Harsono *et al.*, 2021 ; Jabeen *et al.*, 2022). Menurut Sciarini *et al.*, (2023) GG menunjukkan peningkatan volume yang substansial, mencapai 3.47 cm³/g pada konsentrasi 2.0 % galaktomanan dari *Gleditsia triacanthos* meningkatkan volume roti bebas gluten sekitar 12% dibandingkan dengan kontrol, dan menghasilkan volume yang lebih tinggi dibandingkan dengan XG yang justru menurunkan volume sekitar 12%. GG lebih efektif daripada XG dalam meningkatkan volume pengembangan. Peningkatan volume oleh GG melibatkan peningkatan viskoelastisitas adonan yang memfasilitasi retensi gas dan ekspansi selama pemanggangan (Sciarini *et al.*, 2023 ; Mensah *et al.*, 2025).

HPMC menunjukkan pola peningkatan volume hingga konsentrasi 1.0-1.5% (mencapai 3.20 cm³/g), tetapi sedikit menurun pada konsentrasi 2.0% (3.11 cm³/g). Pola ini sejalan dengan temuan Abdollahzadeh *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa HPMC pada konsentrasi sekitar 1% menghasilkan volume tertinggi dalam roti bebas gluten berbasis beras dan millet, dengan volume yang lebih rendah pada konsentrasi 2%. Penurunan volume pada konsentrasi HPMC yang sangat tinggi disebabkan peningkatan viskositas adonan yang berlebihan yang menghambat ekspansi gas selama pemanggangan (Abdollahzadeh *et al.*, 2023 ; Aijaz *et al.*, 2024).

XG menunjukkan peningkatan volume yang terbatas, dengan volume maksimum 3.05 cm³/g pada konsentrasi 1.5%, dan penurunan menjadi 2.94 cm³/g pada konsentrasi 2.0%. Pola ini konsisten dengan laporan Sciarini *et al.* (2023) bahwa xanthan gum pada konsentrasi tinggi dapat menurunkan volume roti bebas gluten. Penurunan volume pada konsentrasi XG tinggi disebabkan viskositas adonan yang terlalu tinggi menghambat ekspansi gas, atau pembentukan struktur terlalu kaku dan membatasi pengembangan selama pemanggangan (Sciarini *et al.*, 2023; Mankute *et al.*, 2026). Perbedaan efek hidrokoloid terhadap volume pengembangan mencerminkan perbedaan dalam mekanisme kerja dan interaksi dengan komponen singkong. CMC dan GG dengan kemampuan pengikatan air yang tinggi dan pembentukan jaringan yang fleksibel, lebih efektif dalam memfasilitasi retensi gas dan ekspansi karena

CMC dan GG memiliki struktur rantai polimer yang lebih fleksibel dan elastis. Sedangkan HPMC adalah hidrokoloid non ionik turunan sesulosa yang bersifat membentuk gel padat saat penggorengan dan mencair kembali saat dingin. Konsentrasi efektif pada konsentrasi moderat namun menunjukkan efek negatif pada konsentrasi sangat tinggi. XG, meskipun meningkatkan viskositas adonan, kurang efektif dalam meningkatkan volume pengembangan pada sistem donat singkong ini (Novozilova *et al.*, 2025)

HPMC berkontribusi pada peningkatan volume spesifik makanan panggang bebas gluten, yang merupakan atribut kualitas yang diinginkan. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya untuk menahan lebih banyak gas selama proses penggorengan, karena HPMC mempunyai lapisan film pelindung yang efektif memblokir minyak yang masuk ke dalam donat jika konsentrasi terlalu rendah (0,5%) sedangkan pada konsentrasi tinggi (2%) efek *thermal gelation* terlalu pekat akan membuat kulit luar donat cepat mengeras saat penggorengan, sehingga donat tidak mengembang sempurna atau bantat dan tekstur dalamnya menjadi terlalu basah. Konsentrasi 1% - 1,5% paling efektif menghasilkan produk yang lebih ringan dan lebih aerasi (Tores *et al.*, 2024).

Penggunaan HPMC juga meningkatkan tekstur produk bebas gluten dengan mengurangi kekerasan remah dan meningkatkan kekompakan. Hal ini menghasilkan produk akhir yang lebih lembut dan lebih enak, yang sangat penting untuk penerimaan konsumen (Parsamajd *et al.*, 2025; Maghsoud *et al.*, 2023). Sementara HPMC efektif dalam meningkatkan kohesi dan kualitas produk bebas gluten, penting untuk mengoptimalkan konsentrasi hidrokoloid untuk menghindari efek yang tidak diinginkan seperti lengket yang berlebihan atau tekstur bergetah. Selain itu, HPMC dapat memengaruhi karakteristik produk akhir, dan dengan demikian harus dipertimbangkan dengan cermat berdasarkan persyaratan spesifik dari formulasi bebas gluten (Toramsari *et al.* 2024). HPMC memainkan peran penting dalam meningkatkan kohesi dan kualitas keseluruhan donat singkong bebas gluten dengan meniru sifat gluten. Namun efektivitas HPMC 1,0% - 1,5% dapat bervariasi berdasarkan konsentrasi dan formulasi yang digunakan Hasil penelitian ini konsentrasi HPMC yang paling efektif 1%. dan konsentrasi HPMC harus memperhatikan keseimbangan antara volume pengembangan dan penyerapan minyak

Hidrokoloid berkontribusi pada volume spesifik yang lebih tinggi dan tekstur roti yang

lebih baik dengan menstabilkan gelembung udara di dalam adonan. Hal ini menghasilkan struktur remah yang lebih aerasi dan lebih lembut (Xingli *et al.*, 2017). Struktur remah yang lebih seragam dengan distribusi pori yang lebih baik berkontribusi pada kohesivitas yang lebih tinggi (Rozylo *et al.*, 2021). Menurut Sciarini *et al.* (2023) bahwa galaktomanan meningkatkan G' (*storage modulus*) adonan, yang berkorelasi dengan peningkatan kohesivitas produk akhir. Hidrokoloid dapat membentuk film di interface udara-adonan dan pati-air, yang menstabilkan struktur remah dan mencegah kolaps selama dan setelah pemanggangan (Indahsari *et al.*, 2023).

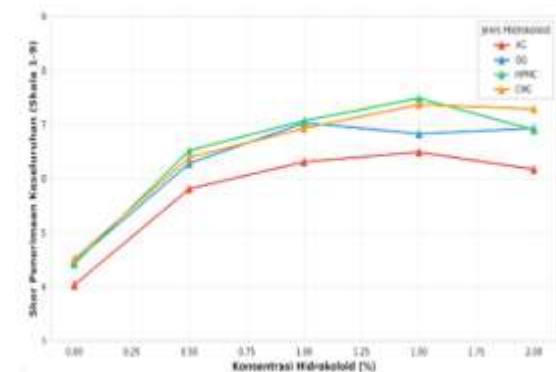
Penambahan GG hidrokoloid ke produk roti berbasis singkong bebas gluten, seperti donat, secara signifikan secara signifikan ($p < 0,01$) mempengaruhi sifat kohesivitas. Hidrokoloid GG mampu meniru sifat struktural gluten, sehingga meningkatkan tekstur dan kekompakan makanan yang dipanggang bebas gluten. Ini sangat penting untuk produk berbasis singkong, yang tidak memiliki viskoelastisitas alami seperti gluten. Retensi Air dan Pengikatan GG meningkatkan kapasitas pengikatan air adonan singkong, yang sangat penting untuk menjaga kohesi adonan dan mencegahnya menjadi rapuh. Properti ini membantu dalam mencapai konsistensi adonan yang dapat menyatu selama pemrosesan dan pemanggangan (Lestari *et al.*, 2019; Olatidoye *et al.*, 2020).

GG berkontribusi juga pada tekstur yang lebih lembut dan lebih kohesif dalam donat singkong bebas gluten. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya untuk membentuk jaringan seperti gel yang memerangkap udara dan kelembapan, menghasilkan struktur remah yang lembut (Pudjihastuti *et al.*, 2018; Dudu *et al.*, 2020). Integritas struktural donat berbasis singkong ditingkatkan oleh GG, yang membantu menjaga bentuk dan volume donat selama dan setelah dipanggang. Hal ini sangat penting untuk produk bebas gluten yang sering mengalami stabilitas struktural yang buruk (Olatidoye *et al.*, 2020; Megušar *et al.*, 2022). GG meningkatkan kekompakan dan kekenyalan donat singkong, membuatnya lebih mirip dengan donat singkong yang mengandung gluten. Hal ini dicapai dengan meningkatkan kemampuan adonan untuk menahan gas dan kelembapan, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih seragam dan menarik (Dudu *et al.*, 2020). Jumlah yang berlebihan dapat menyebabkan perubahan tekstur yang tidak diinginkan, seperti peningkatan kekerasan (Fitrayeni *et al.*, 2026 ; Kanu *et al.*, 2025). Hidrokoloid mempengaruhi

gelatinisasi pati dan pembentukan struktur remah selama pemanggangan (Herculano *et al.*, 2021).

Sciarini *et al.* (2023) melaporkan bahwa xanthan gum pada konsentrasi tinggi menurunkan volume roti bebas gluten sekitar 12%, konsisten dengan temuan penelitian ini. Perbedaan dalam efek hidrokoloid terhadap volume pengembangan juga mencerminkan perbedaan dalam mekanisme pembentukan gel dan interaksi dengan komponen singkong. CMC dan GG, dengan pembentukan jaringan yang fleksibel dan kemampuan retensi gas yang baik, lebih efektif dalam meningkatkan volume pengembangan dibandingkan XG yang membentuk struktur yang lebih kaku pada konsentrasi tinggi (Mensah *et al.*, 2025; Mohseni *et al.*, 2025). Hidrokoloid ini dikenal karena kemampuannya menahan gas dalam adonan, sehingga membantu dalam pengembangan volume roti bebas gluten (Dalila *et al.*, 2024). Konsentrasi hidrokoloid yang lebih rendah, seperti 1% CMC atau xanthan gum, dapat cukup untuk meningkatkan volume dan tekstur produk bebas gluten tanpa berdampak negatif pada atribut kualitas lainnya (Herawati *et al.*, 2024; Numfon, 2017).

Pengaruh Hidrokoloid Terhadap Skor Penerimaan Donat



Gambar 3. Jenis dan Konsentrasi Hidrokoloid terhadap Skor Penerimaan Keseluruhan Donat Singkong

Skor Penerimaan donat bebas gluten sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisik seperti tekstur, volume, dan struktur remah (Esposito *et al.*, 2024). Dalam penelitian ini, skor penerimaan keseluruhan tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan kombinasi kohesivitas moderat hingga tinggi (0.59-0.65) dan volume pengembangan yang baik (3.2-3.6 cm³/g), menunjukkan bahwa konsumen menyukai keseimbangan antara tekstur dan kohesivitas yang tidak terlalu padat, dan volume pengembangan baik yang menghasilkan struktur remah. Kohesivitas yang terlalu rendah yaaitu dibawah 0,40 – 0,45 untuk

donat menghasilkan produk yang rapuh, kering, dan mudah hancur, yang umumnya tidak disukai konsumen (Olawoye et al., 2021). Sebaliknya, kohesivitas yang terlalu tinggi tanpa volume yang memadai dapat menghasilkan tekstur yang padat, kenyal, atau "gummy" yang juga kurang disukai (Khatun et al., (2022). Volume pengembangan yang baik berkontribusi pada penampilan yang menarik, tekstur yang ringan dan rasa di mulut yang menyenangkan (Jabeen et al., 2022).

Harsono et al. (2021) melaporkan bahwa penambahan CMC meningkatkan preferensi sensoris untuk kelembutan, kemudahan digigit, dan kelembaban, yang berkorelasi dengan peningkatan kohesivitas dan volume spesifik. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa CMC pada konsentrasi 1.5-2.0% menghasilkan skor penerimaan yang tinggi (7.29-7.37). Sutrisno et al. (2021), menemukan bahwa kombinasi xanthan gum dan glucomannan yang menghasilkan konsistensi adonan tertinggi, volume spesifik tertinggi, dan kohesivitas tertinggi juga paling disukai oleh panelis, mendukung hubungan positif antara karakteristik fisik yang optimal dan penerimaan sensoris.

Penurunan skor penerimaan pada konsentrasi hidrokoloid yang sangat tinggi (terutama HPMC dan XG pada 2%). Hal ini disebabkan tekstur yang terlalu kenyal, volume yang menurun serta perubahan dalam atribut sensoris lainnya seperti rasa yang kurang disukai (Lainier et al., 2022). Hal ini menekankan pentingnya optimasi konsentrasi hidrokoloid untuk mencapai keseimbangan optimal antara karakteristik fisik dan penerimaan sensoris. Konsentrasi moderat hidrokoloid seperti xanthan gum dan HPMC telah terbukti meningkatkan volume spesifik dan mengurangi kekerasan roti bebas gluten, membuatnya cocok untuk meningkatkan kualitas donat berbasis singkong bebas gluten (Lestari et al., 2019).

Jenis hidrokoloid dan konsentrasi pada karakteristik fisik dan penerimaan keseluruhan produk makanan adalah topik beragam, karena hidrokoloid digunakan untuk memodifikasi tekstur, stabilitas, dan sifat sensorik. Hidrokoloid yang berbeda, seperti xanthan gum (XG), guar gum (GG), hidroksipropil metil selulosa (HPMC), dan karboksimetil selulosa (CMC), memiliki dampak yang berbeda pada sistem makanan, yang selanjutnya dipengaruhi oleh konsentrasinya. Jawaban ini mengeksplorasi efek ini di berbagai matriks makanan, dengan fokus pada hasil fisikokimia dan sensorik. Konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan

penebalan yang berlebihan atau perubahan tekstur yang tidak diinginkan, tetapi mereka mungkin bermanfaat dalam aplikasi tertentu seperti formulasi bebas gluten di mana integritas struktural sangat penting (Parsamajd et al., 2025).

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menganalisis secara komprehensif pengaruh jenis dan konsentrasi hidrokoloid terhadap kohesivitas, volume pengembangan, dan skor penerimaan keseluruhan donat singkong bebas gluten menggunakan desain faktorial RAL. Kesimpulan penelitian ini jenis dan konsentrasi hidrokoloid berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kohesivitas donat singkong. CMC pada konsentrasi 1,5% - 2% menghasilkan kohesivitas tertinggi seiring dengan peningkatan konsentrasi hidrokoloid CMC menunjukkan efek terkuat (0,675 pada 2,0%), diikuti oleh GG (0,629 pada 2,0%), HPMC (0,627 pada 2,0%), dan XG (0,591 pada 2,0%). Peningkatan kohesivitas disebabkan CMC memiliki muatan negatif dari gugus karboksil CH_2COO^- meningkatkan kapasitas pengikatan air, interaksi dengan pati terutama amilosa yang memiliki gugus hidroksil ($-\text{OH}$) yang polar, sehingga muatan negatif pada CMC mengakibatkan terjadinya ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatis yang sangat kuat dan teratur dengan rantai pati dan pembentukan jaringan polimer yang Volume Pengembangan: CMC menghasilkan volume pengembangan tertinggi (3.62 cm^3/g pada 2.0%), diikuti oleh GG (3.47 cm^3/g pada 2.0%). HPMC menunjukkan volume optimal pada konsentrasi 1.0-1.5% (3.20 cm^3/g) dengan penurunan pada 2.0% (3.11 cm^3/g). XG menunjukkan peningkatan volume yang terbatas dengan penurunan pada konsentrasi 2.0% (2.94 cm^3/g). Pola ini mencerminkan keseimbangan antara peningkatan retensi gas dan potensi hambatan ekspansi pada viskositas yang terlalu tinggi.

HPMC pada konsentrasi 1.5% menghasilkan skor penerimaan tertinggi (7.49), diikuti oleh CMC pada 1.5% (7.37) dan GG pada 1.0% (7.03). Konsentrasi moderat hingga tinggi (1.0-1.5%) umumnya menghasilkan penerimaan terbaik, dengan sedikit penurunan pada konsentrasi 2.0% untuk beberapa hidrokoloid. Penerimaan sensoris berkorelasi positif dengan kombinasi kohesivitas moderat hingga tinggi dan volume pengembangan yang baik. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan produk bakery bebas gluten berbasis singkong yang berkualitas tinggi dan dapat diterima konsumen. Temuan ini memiliki implikasi praktis untuk industri bakery dalam

mengoptimalkan formulasi produk bebas gluten.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat terlaksana berkat bantuan berbagai pihak Untuk itu diucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih juga kepada tim peneliti dan analis serta laboratorium Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

Referensi

- Abdollahzadeh, S. M., Saharkhiz, M. J., Karami, A., & Niakousari, M. (2023). Comparison of the effect of hydroxyl propyl methyl cellulose, pectin, and concentrated raisin juice on gluten-free bread based on rice and foxtail millet flour. *Food Science & Nutrition*, 11(12), 3741-3752.
- Abdullahi, X., Xhabiri, G., Sulejmani, E., & Selimi, F. (2022). The effect of some additives on the rheology of dough and quality of bread. *Acta Agriculturae Slovenica*, 118(2).
- Aijaz, T., Khursheed, S., Fayaz, S., Nazir, N., Majeed, D., Shafiq, S., Gull, A., & Masoodi, F. A. (2024). Synergistic effect of Chenopodium quinoa supplementation on the structural, thermal, and nutritional characteristics of gluten-free corn cookies. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8(4), 1009-1016.
- Alamri, M. S., Qasem, A. A. A., Mohamed, A. A., Hussain, S., Ibraheem, M. A., Ababtain, I. A., & Akhtar, S. (2022). Functionality of Cordia and Ziziphus Gums with Respect to the Dough Properties and Baking Performance of Stored Pan Bread and Sponge Cakes. *Foods*, 11(3), 460.
- Awulachew, M. T. (2021). A Review of Non-gluten Components in Gluten-free Bread Characteristics, Dough Baking Quality and Viscoelastic Qualities. *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 6(4), 14.
- Bugarín, C., Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S. (2023). Can Citrus Fiber Improve the Quality of Gluten-Free Breads? *Foods*, 12(7), 1357.
- Cappelli, A., Oliva, N., & Cini, E. (2020). A Systematic Review of Gluten-Free Dough and Bread: Dough Rheology, Bread Characteristics, and Improvement Strategies. *Applied Sciences*, 10(18), 6559. <https://doi.org/10.3390/APP10186559>
- Cokeker, E., Ozturk, S., & Durak, M. Z. (2022). Evaluation of the Effect of Quince Seed Extract On Physical and Sensorial Properties of Gluten-Free Cake Dough Formulations. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences**, 8(2), 315-328.
- Deora, N. S., Deswal, A., & Mishra, H. N. (2014). Alternative Approaches Towards Gluten-Free Dough Development: Recent Trends. *Food Engineering Reviews*, 6(3), 89-104.
- Dudu, O. E., Ma, Y., Adelekan, A., Oyediji, A. B., Oyeyinka, S. A., Oyeyinka, S. A., & Ogungbemi, J. W. (2020). Bread-making potential of heat-moisture treated cassava flour-additive complexes. *Lwt - Food Science and Technology*, 130, 109477.
- Encina-Zelada, C., Cadavez, V., Teixeira, J. A., & Gonzales-Barron, U. (2019). Optimization of Quality Properties of Gluten-Free Bread by a Mixture Design of Xanthan, Guar, and Hydroxypropyl Methyl Cellulose Gums. *Foods*, 8(5), 156.
- Esposito, T., Celano, R., Pane, C., Mencherini, T., Piccinelli, A. L., Sansone, F., Picerno, P., Zaccardelli, M., Aquino, R. P., & Russo, M. (2024). Sensory evaluation and consumers' acceptance of a low glycemic and gluten-free carob-based bakery product. *Foods*, 13(17), 2815.
- Fetriyuna, F., Salma, A. N., Harlina, P. W., Yarlina, V. P., & Purwestri, R. C. (2026). The Role of Xanthan Gum and Hydroxypropyl Methylcellulose in Gluten-Free Bread: A Study of Physical Characteristics, Texture, and Nutrition. *Food Science and Nutrition*, 14.
- GÃ³mez, M., Sciarini, L. S., & Parra, A. F. (2019). Formulation of gluten-free cupcake with hydrocolloids for people with Celiac disease. **Bionatura**, 2(6).
- Ghaemi, P., Arabshahi-Delouee, S., Aalami, M., & Hosseini Ghaboos, S. H. (2024). The Effect of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate, and Xanthan Gum on Textural and Rheological Characteristics of Gluten-Free Batter and Cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2024, 1-11.
- González, A., Martínez, M., Salinas, M. V., & Gómez, M. (2025). Effect of different hydrocolloids on the quality and aging

- of gluten-free bread based on pre-hydrated rice grains. *Food Bioscience*, 63, 106857.
- Guiné, R. (2022). Textural Properties of Bakery Products: A Review of Instrumental and Sensory Evaluation Studies. *Applied Sciences*, 12(17), 8628–8628.
- Harsono, S. S., Munarko, H., & Sari, P. (2021). Effect of carboxymethyl cellulose on the physicochemical and sensory properties of bread enriched with rice bran. *Food Research*, 5(4), 712-718.
- Herawati, H., Fetriyuna, F., Agustinisari, I., Kurniasari, I., Hastuti, N., Eris, F. R., Kusnandar, F., & Bachtiar, M. (2024). Applications of Hydrocolloids and Its Effects on Physicochemical Characteristics of Gluten-free Bread from Corn and Rice Flour. *Sains Malaysiana*.
- Herculano, P. N., Fernandes, S. S., Araújo, K. L. G. V., Bezerra, J. R. M. V., Queiroga, A. P. R., Borges, G. S. C., Magnani, M., & Souza, E. L. (2021). Desenvolvimento De Pães Sem Glúten a Partir De Farinhas Pouco Exploradas / Development of Gluten-Free Breads from Under-Exploited Flours. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 59595-59614.
- Hojjatoleslami, M., Hashemi, M., & Moosavi-Nasab, M. (2015). Impact of Tragacanth and Xanthan Gums on the Physical and Textural Characteristics of Gluten-free Cake
- Indahsari, D. P., Fibrianto, K., & Nisa, F. C. (2023). Evaluasi Karakteristik Roti Komposit Bebas Gluten Dengan Konsentrasi Hidrokolid Dan Waktu Proofing Yang Berbeda. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Pangan*, 3(1).
- Jabeen, A., Sahar, A., Sameen, A., & Akhtar, S. (2022). Development of Gluten-Free Cupcakes Enriched with Almond, Flaxseed, and Chickpea Flours. *Journal of Food Quality*, 2022, 4049905.
- Kanu, P. J., Sandy, E. H., Kandeh, J. B. A., Mornya, P. M. M., & Huiming, Z. (2025). Effect of Different Improvers on Gluten-Free Cassava Bread For Enhanced Sensory Attributes, Physical Quality and Proximate Composition.
- Khatun, A., Mya, M. M., Sit, N., & Haque, M. A. (2022). Optimizing the Rheological and Textural Properties of Chapatti Enriched with House Crickets (*Acheta domesticus*) Flour Using Hydrocolloids by an I-Optimal Design. *Foods*, 11(21), 3467
- Laignier, B. R., Silveira, M. L. R., Moreira, A. S., Monteiro, M., & Perrone, D. (2022). Amorphophallus konjac: Sensory Profile of This Novel Alternative Flour on Gluten-Free Bread. *Foods*, 11(10), 1379.
- Lestari, D., Kresnowati, M. T. A. P., Rahmani, A., Aliwarga, L., & Bindar, Y. (2019). Effect of hydrocolloid on characteristics of gluten free bread from rice flour and fermented cassava flour (Fercaf). 19(3), 89–95.
- Maleki, G., & Mohammadzadeh Milani, J. (2014). Effect of different hydrocolloids on barbari bread texture and microstructure. *Acta Alimentaria*, 43(4), 584–591.
- Manano, J., Ogwok, P., Byarugaba-Bazirake, G. W., & Mugampoza, E. (2021). Rheological, Baking and Sensory Characteristics of Bread from Wheat-Cassava Composite Dough. *Journal of Field Robotics*, 10(5), 18.
- Manik, L. C. M., & Nur, M. (2021). The recent development of gluten-free bread quality using hydrocolloids. 733(1), 012101.
- Mankutė, E., Alenčikienė, G., Zavistanavičiūtė, P., Klupsaitė, D., Zadeikė, D., Juodeikienė, G., & Bartkienė, E. (2026). Application of Apple By-Products and Xanthan Gum in the Development of Fiber-Enriched Gluten-Free Muffins.
- Megušar, P., Stopar, D., Poklar Ulrih, N., Dogša, I., & Prislan, I. (2022). Thermal and Rheological Properties of Gluten-Free, Starch-Based Model Systems Modified by Hydrocolloids. *Polymers*, 14(16), 3242.
- Mensah, E. O., Aidoo, R., Teye, E., & Akonor, P. T. (2025). Development and evaluation of gluten-free rice bread formulated with hydrocolloid-protein additive systems.
- Mir, S. A., Bosco, S. J. D., Shah, M. A., Santhalakshmy, S., & Mir, M. M. (2021). Understanding the Role of Additives in Gluten-Free Breads. In **Gluten-Free Bread Technology** (pp. 179-202).
- Mohseni, F., Majzoubi, M., & Farahnaky, A. (2025). Quality Evaluation of Gluten-Free Pasta Enhanced With Carboxymethyl Cellulose Gum: Rheological Properties, Characterization, Cooking Tests, and Sensory Evaluation.
- Novožilova, M. V., Kanareikina, S. G., & Kanareikin, V. I. (2025). Влияние

- безглютеновой муки на качество кондитерских изделий [Effect of gluten-free flour on the quality of confectionery products]. *Пищевая промышленность*, 8(8), 6
- Numfon, R. (2017). Effects of different hydrocolloids on properties of gluten-free bread based on small broken rice berry flour. *Food Science and Technology International*, 23(4), 310–317.
- Olatidoye, O. P., Shittu, A., Sobowale, S. S., Olayemi, W. A., & Adeluka, I. F. (2020). Influence of hydrocolloids addition (carboxymethylcellulose and guar gum) on some quality attributes of wheat and high quality cassava flour and its bread making potentials. *Hrvatski Časopis Za Prehrambenu Tehnologiju i Nutricionizam - Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 15, 45–53.
- Olawoye, B., Fagbohun, O. F., Popoola-Akinola, O., & Gbadamosi, S. O. (2021). Celiac Disease Management through Gluten-Free Diets. In *Celiac Disease*. IntechOpen.
- Oluwakemisola, D. P. (2025). Development of Gluten-Free Bread Using Cassava and Sorghum Flour Blends. *Asian Journal of Science, Technology, Engineering, and Art*, 3(4), 1451–1466.
- Parsamajd, M., Rostami, H., Mohammadi, M., & Azizi, M. H. (2025). Synergistic Effects of Hydrocolloid Combinations on Gluten-Free Batter and Bread Characteristics. *Food Science & Nutrition*, 13(1), e71107.
- Peryam, D.R., & Pilgrim, F.J (1957) Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 11 (9), 9-14.
- Pirsa, S., & Hafezi, K. (2022). Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*, 399, 133967–133967.
- Pasqualone, A., Caponio, F., Summo, C., Paradiso, V. M., Bottega, G., & Pagani, M. A. (2010). Gluten-Free Bread Making Trials from Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Flour and Sensory Evaluation of the Final Product. *International Journal of Food Properties*, 13(3), 562–573.
- Patil, S., & Arya, S. S. (2019). Characterization of gluten free flatbread: quality improvement by the addition of hydrocolloids and emulsifiers using simplex centroid design. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 821–830.
- Pudjihastuti, I., Handayani, N. A., & Sumardiono, S. (2018). *The Effect of Emulsifier and Hydrocolloid on Baking Expansion and Texture of Bread from Modified Cassava*. 156, 01026.
- Rej, A., Tai, F. W. D., Green, P. H. R., Lebwohl, B., & Sanders, D. S. (2020). The growing global interest in the gluten free diet as reflected by Google searches. *Digestive and Liver Disease*, 52(9), 1061–1062.
- Reyes, D. E. G., & Arteaga, C. (2024). Trends and Advances in Gluten-Free Products. *Deleted Journal*, 3.
- Rozylo, R., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Jakubezyk, A., Karas, M., & Rozylo, K. (2021). Black Cumin Pressing Waste Material as a Functional Additive for Starch Bread. *Jurnal Teknologi dan Majemen Pangan*, 3(1).
- Sciarini, L. S., Steffolani, M. E., Vaudagna, S. R., & Pérez, G. T. (2023). Gleditsia triacanthos Galactomannans in Gluten-Free Formulation: Batter Rheology and Bread Quality. *Foods*, 12(4), 756.
- Shanina, O., Galyasnyj, I., Gavrysh, T., Dugina, K. V., Sukhenko, Y., Sukhenko, V., Miedviedieva, N., Mushtruk, M., Rozbytka, T., & Slobodyanyuk, N. (2019). *Development of gluten-free non-yeasted dough structure as factor of bread quality formation*. 13(1), 971–983.
- Sigüenza-Andrés, T., Segura-Ponce, L. A., Rodríguez-García, J., Hernández-Carrión, M., & Hernando, I. (2021). Can cassava improve the quality of gluten free breads? *LWT - Food Science and Technology*, 151, 111923.
- Subargah, D. H., Renada, K. Q., Kurniawan, N. N., & Peristiwati. (2025). Perbedaan Konsentrasi Ragi terhadap Kualitas Donat Mochi. *Biofoodtech*, 4(1), 64–70.
- Sutrisno, A., Mulyani, S., & Anandito, R. B. K. (2021). Effect of Glucomannan and Xanthan Gum Proportion on the Physical and Sensory Characteristic of Gluten-Free Bread. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 924(1), 012028.
- Tahmouzi, S., Heydari-Majd, M., Daliri, H., Karimi, J., Zare, L., Meftahizadeh, H., & Meybodi, N. M. (2025). Impacts of Plant-Derived Hydrocolloids on Technological Characteristics of Gluten-Free Bakery Products: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food*

- Science and Food Safety*, 25(1), e70339.
- Torres-Pérez, R., Martínez-García, E., Maravilla Siguero-Tudela, M., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., & Igual, M. (2024). Enhancing Gluten-Free Bread Production: Impact of Hydroxypropyl Methylcellulose, Psyllium Husk Fiber, and Xanthan Gum on Dough Characteristics and Bread Quality. *Foods*, 13(11), 1691.
- Wulandari, S., Alami, E. N., Khamidah, A., Rizal, A. M., Purbiati, T., & Yustina, I. (2023). Cassava as a local material source for some types of food products. *E3S Web of Conferences*, 373, 04025–04025.
- Zhang, H., Liu, S., Feng, X., Ren, F., & Wang, J. (2022). Effect of hydrocolloids on gluten proteins, dough, and flour products: A review. *Food Research International*, 164, 112292–112292.
- Zhao, F., Li, Y., Li, C., Li, C., Ban, X., Ban, X., Cheng, L., Cheng, L., Hong, Y., Hong, Y., & Gu, Z. (2021). Co-supported hydrocolloids improve the structure and texture quality of gluten-free bread. *Lwt-Food Science and Technology*, 152, 11224