

OPTIMASI KONSENTRASI PROTEIN RAGI UNTUK PENINGKATAN MUTU BERAS ANALOG JAGUNG MELALUI EKSTRUSI

Aghnia Deuxiemma Rosulindo^{1*}

¹ Teknologi Agroindustri, Universitas Padjajaran

*Email: Aghniadeuxiemmar@gmail.com

ABSTRAK

Beras jagung memiliki potensi sebagai alternatif pangan kaya karbohidrat, namun teksturnya yang keras dan kurang elastis menjadi tantangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan protein ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) pada konsentrasi 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap karakteristik fisikokimia dan sensoris beras analog berbasis jagung yang diproduksi menggunakan *Single Screw Extruder*. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan analisis ANOVA dan uji lanjut Duncan (DMRT) pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan protein ragi secara signifikan meningkatkan kadar protein (dari 7,23% pada kontrol menjadi 15,97% pada perlakuan 15% protein ragi) dan kadar abu, namun menurunkan kadar karbohidrat akibat efek pengenceran. Kadar air dan lemak menunjukkan variasi yang relevan namun tidak selalu signifikan secara statistik. Secara organoleptik, konsentrasi protein ragi berpengaruh signifikan terhadap warna dan aroma beras analog (cenderung menurun pada konsentrasi tinggi karena reaksi Maillard), serta tekstur nasi (meningkat pada konsentrasi 5% dan 15%). Atribut rasa nasi tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan. Perlakuan 10% protein ragi (P2) ditemukan sebagai formulasi optimal, menghasilkan kadar protein yang relatif tinggi (10,71%) dengan karakteristik fisik dan sensoris yang masih dapat diterima, menunjukkan keseimbangan antara peningkatan gizi dan kualitas produk. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan beras analog jagung yang lebih bergizi dan berdaya terima tinggi sebagai upaya diversifikasi pangan.

Kata Kunci: Beras analog, jagung, protein ragi, ekstrusi, fisikokimia, sensoris

PENDAHULUAN

Ketergantungan pada satu jenis bahan makanan pokok, seperti beras padi, meningkatkan risiko ketahanan pangan akibat perubahan iklim dan keterbatasan lahan pertanian (Rozaki et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan alternatif pangan menjadi sangat krusial. Beras jagung (*Zea mays*) merupakan salah satu alternatif potensial sebagai sumber karbohidrat pengganti beras padi, dengan keunggulan kandungan protein yang lebih tinggi (sekitar 7–11%) dan sifat bebas gluten, menjadikannya cocok untuk individu dengan intoleransi gluten (Kc et al., 2024). Namun, tantangan utama dalam pengolahan beras jagung adalah teksturnya yang cenderung lebih keras dan kurang elastis dibandingkan beras padi, yang dapat mempengaruhi daya terima konsumen (Kumar et al., 2018).

Untuk mengatasi keterbatasan tekstur tersebut, teknologi ekstrusi menggunakan *Single Screw Extruder* (SSE) menjadi pendekatan yang efektif. Metode ini mampu memodifikasi sifat fisikokimia pati jagung sehingga menghasilkan tekstur beras analog yang lebih baik (Bhat et al., 2024). Dalam formulasi beras analog berbasis jagung, optimalisasi bahan pembentuk seperti tepung mocaf dan maizena diperlukan sebagai pengikat struktur. Selain itu, fortifikasi dengan protein dari hasil ekstrak ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dapat meningkatkan nilai gizi dan kualitas fisik produk. Protein ragi berperan penting dalam membentuk jaringan dengan pati, mengikat air, serta meningkatkan elastisitas dan kepadatan butiran (Kumar et al., 2018). Bahan tambahan lain seperti Gliserol Monostearat (GMS) berfungsi sebagai emulsifier untuk memperbaiki tekstur dan plastisitas adonan, sementara Carboxymethyl Cellulose (CMC) bertindak sebagai agen pengikat dan penstabil jaringan pati-protein, yang terbukti secara signifikan memperbaiki integritas struktural dan mencegah retak selama proses ekstrusi (Liao et al., 2020). Tahapan pengukusan sebelum ekstrusi juga berperan penting dalam menggelatinisasi pati dan melunakkan struktur protein, sehingga membentuk adonan yang lebih elastis dan mudah dibentuk (Bernal-Mercado et al., 2024). Faktor-faktor ekstrusi seperti suhu, tekanan, dan kadar air juga sangat memengaruhi kualitas akhir produk, termasuk kekerasan, kekenyalan, warna, dan kerapatan (Khairunnisa et al., 2016).

Meskipun potensi protein ragi dalam meningkatkan nilai gizi dan memperbaiki tekstur produk berbasis jagung telah ditunjukkan (Bernal-Mercado et al., 2024), masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi konsentrasi optimal protein ragi yang dapat memberikan keseimbangan terbaik antara karakteristik fisik, kimia, dan sensoris beras analog jagung. Oleh karena itu, penelitian ini mengidentifikasi dua permasalahan utama: (1) Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi protein ragi terhadap karakteristik fisik, kimia, dan sensoris beras jagung dan (2) Berapa konsentrasi protein hasil ekstrak dari ragi yang paling optimal dalam menghasilkan mutu beras analog jagung terbaik ditinjau dari aspek fisik, kimia, dan sensoris

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi protein ragi (*Yeast Protein*) terhadap karakteristik beras jagung (*Zea mays*) yang diolah menggunakan *Single Screw Extruder*. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan kandungan protein, serta karakteristik tekstur adonan setelah pengukusan akibat penambahan protein ragi dalam formulasi beras jagung. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menilai tingkat penerimaan sensoris beras analog yang dihasilkan, guna menentukan formulasi optimal yang menghasilkan produk dengan tekstur dan nilai gizi yang lebih baik.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan pangan berbasis jagung sebagai alternatif pengganti beras padi, khususnya dalam meningkatkan kandungan protein dan kualitas tekstur produk analog. Secara akademik, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi studi terkait modifikasi karakteristik fisikokimia tepung jagung melalui teknologi ekstrusi. Secara praktis, penelitian ini bermanfaat bagi industri pangan dalam mengembangkan beras analog yang lebih bergizi, memiliki daya terima yang tinggi, dan dapat mendukung diversifikasi pangan nasional. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi informasi bagi masyarakat mengenai potensi beras jagung sebagai alternatif pangan fungsional yang lebih sehat dan bebas gluten.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2024 di Laboratorium Pendidikan 1, Laboratorium Pilot Plant, Laboratorium Kimia Pangan, dan Laboratorium Uji Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tepung jagung (*Zea mays*), protein ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), gliserol monostearat (GMS), *carboxymethyl cellulose* (CMC), pati, mocaf, air destilasi, aquades, reagen Biuret untuk uji protein, serta kertas label untuk penandaan sampel. Peralatan yang digunakan mencakup *Single Screw Extruder*, timbangan digital, oven pengering, Spektrofotometer UV-Vis, desikator, gelas ukur, erlenmeyer, beaker glass, pipet ukur, corong Buchner, kertas saring, labu Kjeldahl, hot plate, autoklaf, pH meter, stopwatch, spatula, sikat pembersih, dan *rice cooker*.

Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan konsentrasi protein ragi, yaitu 0% (kontrol), 5%, 10%, dan 15%, yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali. Variabel respon yang diamati meliputi kandungan protein, karbohidrat, lemak, kadar air, dan kadar abu. Selain itu, karakteristik organoleptik (hedonik) beras dan nasi analog juga dievaluasi oleh panelis, mencakup atribut warna, aroma, bentuk (untuk beras), rasa, dan tekstur (untuk nasi). Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan One-Way ANOVA. Apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$), maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengidentifikasi perbedaan antar kelompok perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Protein

Penambahan protein ragi (*yeast protein*) secara signifikan meningkatkan kadar protein pada beras analog jagung. Konsentrasi protein ragi yang lebih tinggi menghasilkan kadar protein yang lebih tinggi.

Tabel 1 Hasil Uji terhadap Kandungan Protein

Perlakuan	Kadar Protein (%)
P0	7,23 ^a
P1	8,42 ^b
P2	10,71 ^c
P3	15,97 ^d

(Keterangan: nilai yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%)

Meskipun P3 (15%) memberikan nilai protein tertinggi, ditemukan kelemahan pada struktur fisik produk, yaitu tekstur beras analog menjadi lebih rapuh dan mudah pecah. Fenomena ini sejalan dengan penelitian (Rivero Meza et al., 2023) yang menyebutkan bahwa penambahan protein berlebih dalam matriks berbasis pati dapat menyebabkan struktur ekstrudat menjadi tidak stabil akibat penghambatan gelatinisasi dan terbentuknya jaringan protein yang mendominasi. Selain itu, (Shin et al., 2022) menjelaskan bahwa kelebihan protein akan meningkatkan kapasitas pengikatan air, menyebabkan kompetisi antara protein dan pati selama ekstrusi, yang mengurangi derajat gelatinisasi dan menghasilkan produk dengan tekstur rapuh serta bentuk tidak kompak. Oleh karena itu, perlakuan P2 (10%) dianggap sebagai titik optimum karena menghasilkan kadar protein yang relatif tinggi (10,71%) tanpa menyebabkan degradasi fisik produk.

Kandungan Karbohidrat

Kadar karbohidrat menunjukkan penurunan yang signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi protein ragi. Penurunan ini disebabkan oleh efek pengenceran (*dilution effect*), di mana penambahan protein ragi secara langsung menggantikan sebagian besar bahan kaya karbohidrat. Selain itu (Sedaghat Doost et al., 2020) menjelaskan bahwa peningkatan protein dalam sistem ekstrusi termal dapat mengubah interaksi molekuler antara pati dan protein, berdampak pada struktur makro nutrisi dan menyebabkan redistribusi nutrisi selama gelatinisasi. (Shu et al., 2023) juga menyatakan bahwa penambahan protein dalam sistem berbasis pati akan menurunkan densitas karbohidrat total akibat pergeseran komposisi utama dalam adonan.

Tabel 2. Hasil Uji terhadap Kadar Karbohidrat

Perlakuan	Kadar Karbohidrat (%)
P0 (0%)	83.00 ^d
P1 (5%)	82.23 ^c
P2 (10%)	79.29 ^b
P3 (15%)	73.58 ^a

(Keterangan: Nilai yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%)

Kandungan Lemak

Kadar lemak meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi protein ragi. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan komposisi nutrisi dari ekstrak ragi itu sendiri, yang mengandung sejumlah kecil lipid fungsional dan fosfolipid. Studi (Sun et al., 2023) menyatakan bahwa ekstrak protein dari *yeast* tidak hanya tinggi protein tetapi juga membawa serta senyawa minor lain seperti lipid, sterol, dan fosfolipid yang berkontribusi pada total kandungan lemak.

Tabel 3. Hasil Uji terhadap Kadar Lemak

Perlakuan	Kadar Lemak (%)
P0	0.12 ^a
P1	6.57 ^b
P2	7.22 ^c
P3	7.93 ^d

(Keterangan: Nilai dengan huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%)

Kadar Air

Uji ANOVA menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan pada kadar air ($p = 0,077$), namun hasil uji DMRT menunjukkan adanya tren penurunan kadar air seiring peningkatan konsentrasi protein ragi. Penurunan ini disebabkan oleh kemampuan protein dalam *yeast* untuk mengikat air secara lebih kuat, menyebabkan air lebih banyak tertahan dalam struktur internal. Menurut (Y. Xu et al., 2022) penambahan protein dalam sistem ekstrusi mampu menurunkan kadar air akhir karena protein menciptakan jaringan yang lebih padat.

Kadar Abu

Kadar abu meningkat secara signifikan dengan bertambahnya konsentrasi *yeast protein*. Peningkatan ini dapat dijelaskan oleh komposisi ragi itu sendiri yang merupakan sumber kaya mineral. Berdasarkan hasil (Agarry et al., 2023) ekstrak protein dari ragi mengandung sejumlah besar mineral penting seperti selenium, fosfat, dan kalsium.

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Abu:

Perlakuan	Kadar Abu (%)
P0	0,32
P1	0,63
P2	0,71
P3	0,77

Organoleptik Beras

Warna

Warna beras analog sangat dipengaruhi oleh penambahan protein ragi. Panelis paling menyukai warna beras analog tanpa protein ragi (P0), yang cenderung mempertahankan warna cerah kekuningan alami dari tepung jagung. Penambahan protein ragi, terutama pada konsentrasi tinggi (P1 dan P3), menyebabkan warna beras menjadi lebih gelap atau kusam akibat reaksi Maillard. Hal ini sejalan dengan temuan (Hashim et al., 2022), yang menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi protein dalam sistem ekstrusi mempercepat reaksi Maillard. Selain itu (Shin et al., 2022) juga menyatakan bahwa pigmen hasil reaksi panas antara protein dan gula menghasilkan warna coklat yang kuat.

Tabel 5. Hasil Uji Warna Beras Jagung

Perlakuan	Warna (Rerata)
P3	2.45 ^a
P1	2.60 ^a
P2	3.95 ^b
P0	4.65 ^c

(Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%)

Aroma

Aroma beras analog juga mengalami penurunan tingkat kesukaan seiring peningkatan konsentrasi protein ragi. (Sevinc-Demircan & Ozturkoglu-Budak, 2023) menyatakan bahwa protein

ragi memiliki profil aroma kompleks dan khas yang dalam konsentrasi tinggi dapat menghasilkan kesan aroma yang tidak sesuai. Penurunan ini juga dapat dikaitkan dengan proses ekstrusi, di mana reaksi Maillard menghasilkan senyawa aromatik volatil (Liu, Tian, et al., 2021). Selain itu, (Balli et al., 2021) menunjukkan bahwa kandungan protein tinggi cenderung menghasilkan senyawa sulfur dan amina volatil saat dipanaskan.

Tabel 6. Hasil Uji terhadap Aroma Beras Jagung

Perlakuan	Aroma (Rerata)
P1	2.35 ^a
P3	2.95 ^a
P2	4.20 ^b
P0	4.65 ^b

(Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%)
 Bentuk

Penambahan protein ragi dalam jumlah moderat (P2 = 10%) berkontribusi positif terhadap bentuk beras jagung, menghasilkan butiran yang lebih kompak dan seragam. Hal ini dijelaskan oleh sifat fungsional protein ragi yang mampu membentuk jaringan ikat bersama pati (Rezler et al., 2021). Namun, pada konsentrasi yang terlalu tinggi (P3), terjadi sedikit penurunan skor, kemungkinan akibat kelebihan protein yang menyebabkan ketidakseimbangan rasio pati-protein, sejalan dengan temuan (X. Xu et al., 2024). Perlakuan P0 (tanpa penambahan protein ragi) memperoleh skor terendah, konsisten dengan laporan (Ibba et al., 2021) bahwa bahan berbasis pati murni cenderung menghasilkan bentuk yang lebih keropos.

Tabel 7. Hasil Uji terhadap Bentuk Beras Jagung

Perlakuan	Bentuk
P2	4,15 ^a
P1	3,75 ^{ab}
P3	3,35 ^{bc}
P0	3,10 ^c

(Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%)
 Organoleptik Nasi
 Warna

Warna nasi analog menunjukkan tren penurunan kesukaan seiring peningkatan konsentrasi protein ragi. Perubahan warna menjadi lebih gelap atau kusam akibat proses reaksi Maillard selama ekstrusi dan pemasakan nasi kurang disukai panelis. Fenomena ini diperkuat oleh hasil penelitian (Hashim et al., 2022). Selain itu, menurut (Yan et al., 2021), nasi analog yang berwarna terlalu kuning atau kecoklatan akan menimbulkan kesan gosong.

Tabel 8. Hasil Uji Warna Nasi Jagung

Perlakuan	Warna
P0	4,25 ^a
P2	3,90 ^{ab}
P1	3,05 ^{bc}
P3	2,50 ^c

(Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%)

Aroma

Tidak terdapat perbedaan signifikan pada atribut aroma nasi jagung antar perlakuan ($p > 0,05$). Senyawa volatil yang dihasilkan dari pemanasan ekstrak ragi saat ekstrusi tidak cukup dominan untuk mengubah karakter aroma produk secara drastis. Penelitian (Liu, Li, et al., 2021) menunjukkan bahwa intensitas aroma sangat dipengaruhi oleh jenis protein dan level dekomposisi senyawa volatil. Selain itu (Zou et al., 2022) menyatakan bahwa aroma jagung yang kuat dapat menutupi aroma dari bahan tambahan seperti ragi.

Tekstur

Penambahan protein ragi secara moderat hingga tinggi (P3 dan P1) berkontribusi positif terhadap penerimaan tekstur nasi jagung, menghasilkan tekstur yang lebih elastis dan lembut. Temuan ini didukung oleh (Nguyen et al., 2021) yang menyatakan bahwa penambahan protein dapat meningkatkan elastisitas dan memperbaiki *mouthfeel* produk ekstrusi. Selain itu, (Chen et al., 2023) menjelaskan bahwa protein ragi dapat mengalami denaturasi dan membentuk struktur agregat yang mendukung tekstur kenyal. Perlakuan P2 justru memiliki nilai kesukaan tekstur paling rendah, yang kemungkinan disebabkan oleh ketidakseimbangan rasio pati-protein yang tidak optimal, seperti yang ditunjukkan oleh studi (Zou et al., 2022).

Tabel 9. Hasil Uji Tekstur Nasi Jagung:

Perlakuan	Tekstur
P3	3,75 ^a
P1	3,65 ^a
P0	2,60 ^b
P2	2,10 ^b

(Keterangan: Huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%)

Rasa

Tidak terdapat perbedaan signifikan pada atribut rasa nasi jagung antar perlakuan ($p > 0,05$). Profil rasa dari protein ragi (*yeast protein*) bersifat netral, sehingga tidak memberikan perubahan rasa yang dominan, didukung oleh temuan (Chen et al., 2024) Proses ekstrusi pada suhu tinggi turut berkontribusi dalam mereduksi atau menghilangkan senyawa volatil yang berperan dalam pembentukan rasa (Chen et al., 2024). Komponen utama penyumbang rasa masih didominasi oleh bahan dasar seperti tepung jagung dan pati, bukan protein ragi, seperti yang ditegaskan oleh (Akinyemi et al., 2021).

Gambar 1 Beras Analog Jagung



KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi protein hasil ekstrak dari ragi (*Yeast Protein*) secara signifikan memengaruhi karakteristik fisikokimia dan sensoris beras analog berbasis jagung. Peningkatan konsentrasi protein ragi terbukti meningkatkan kadar protein, lemak, dan abu pada produk akhir, meskipun menyebabkan penurunan kadar karbohidrat akibat efek pengenceran. Secara

organoleptik, penambahan protein ragi pada konsentrasi tinggi cenderung menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap warna dan aroma beras maupun nasi analog karena reaksi Maillard dan pembentukan senyawa volatil. Namun, protein ragi memberikan dampak positif pada tekstur nasi, menghasilkan produk yang lebih elastis dan lembut. Atribut rasa nasi tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan. Berdasarkan keseimbangan antara peningkatan nilai gizi dan penerimaan sensoris, formulasi dengan 10% protein ragi (P2) direkomendasikan sebagai konsentrasi optimal untuk pengembangan beras analog jagung yang bergizi dan memiliki daya terima yang baik oleh konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarry, I. E., Ding, D., Li, Y., Jin, Z., Deng, H., Hu, J., Cai, T., Kan, J., & Chen, K. (2023). In vitro bioaccessibility evaluation of chlorophyll pigments in single and binary carriers. *Food Chemistry*, 415, 135757. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.135757>
- Akinyemi, M. O., Ayeni, K. I., Ogunremi, O. R., Adeleke, R. A., Oguntoyinbo, F. A., Warth, B., & Ezekiel, C. N. (2021). A review of microbes and chemical contaminants in dairy products in sub-Saharan Africa. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1188–1220. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12712>
- Balli, D., Cecchi, L., Innocenti, M., Bellumori, M., & Mulinacci, N. (2021). Food by-products valorisation: Grape pomace and olive pomace (pâté) as sources of phenolic compounds and fiber for enrichment of tagliatelle pasta. *Food Chemistry*, 355, 129642. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.129642>
- Bernal-Mercado, A. T., Heredia-Sandoval, N. G., Ayala-Zavala, J. F., & Gutiérrez-Pacheco, S. L. (2024). The potential of Mexican plant-based ingredients in meat analogs formulation: opportunities and gaps in reformulated Mexican dishes. *Handbook of Plant-Based Meat Analogs: Innovation, Technology and Quality*, 3–16. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21846-0.00023-X>
- Bhat, M. A., Bhat, M. A., Jan, S., Shah, A. A., & Jan, A. T. (2024). Lignocellulosic biomass in circular economy: A techno-transition in carbon neutrality towards sustainable energy production. *Biomass and Bioenergy*, 189, 107349. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2024.107349>
- Chen, X., Chen, Q., Wang, S., Chen, H., Wang, C., Zhou, M., Li, D., & Shen, W. (2024). Physicochemical properties and HMG-CoA reductase inhibitor activity of red yeast extruded rice. *Journal of Cereal Science*, 116, 103859. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2024.103859>
- Hashim, S. B. H., Elrasheid Tahir, H., Liu, L., Zhang, J., Zhai, X., Ali Mahdi, A., Nureldin Awad, F., Hassan, M. M., Xiaobo, Z., & Jiyong, S. (2022). Intelligent colorimetric pH sensing packaging films based on sugarcane wax/agar integrated with butterfly pea flower extract for optical tracking of shrimp freshness. *Food Chemistry*, 373, 131514. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131514>
- Ibba, M. I., Juliana, P., Hernández-Espinosa, N., Posadas-Romano, G., Dreisigacker, S., Sehgal, D., Crespo-Herrera, L., Singh, R., & Guzmán, C. (2021). Genome-wide association analysis for arabinoxylan content in common wheat (T. Aestivum L.) flour. *Journal of Cereal Science*, 98, 103166. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2021.103166>
- Kc, Y., Mitchell, J., Bhandari, B., & Prakash, S. (2024). *Unlocking the potential of rice bran through extrusion: a systematic review* †. https://doi.org/10.1039/d4_00027g
- Khairunnisa, K., Budijanto, S., & Sitanggang, A. B. (2016). *Formulation of High Protein Rice Analog Made of Cassava, Maize Starch, and Soybean*. <https://www.researchgate.net/publication/321373187>
- Kumar, R., Xavier, K. A. M., Lekshmi, M., Balange, A., & Gudipati, V. (2018). Fortification of extruded snacks with chitosan: Effects on techno functional and sensory quality. *Carbohydrate Polymers*, 194, 267–273. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2018.04.050>
- Liao, T., Liu, J., Sun, Y., Zou, L., Zhou, L., Liu, C., Terefe, N. S., & Liu, W. (2020). Differential inhibitory effects of organic acids on pear polyphenol oxidase in model systems and pear puree. *LWT*, 118, 108704. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108704>
- Liu, Y., Li, M., Liu, Y., Guan, E., & Bian, K. (2021). Effects of superheated steam treatment of wheat on physicochemical properties of wheat flour and cracker quality. *Journal of Cereal Science*, 97, 103165. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2021.103165>
- Liu, Y., Tian, J., Hu, B., Yu, P., & Fan, L. (2021). Relationship between crust characteristics and oil uptake of potato strips with hot-air pre-drying during frying process. *Food Chemistry*, 360, 130045. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130045>
- Rezler, R., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., & Piątek, M. (2021). The influence of the substitution of fat with modified starch on the quality of pork liver pâtés. *LWT*, 135, 110264. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.110264>
- Rivero Meza, S. L., Hirsch Ramos, A., Cañizares, L., Raphaelli, C. de O., Bueno Peres, B., Gaiosio, C. A., Egea, I., Estrada, Y., Flores, F. B., & de Oliveira, M. (2023). A review on amaranth protein: composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. In *International Journal of Food Science and*

- Technology* (Vol. 58, Issue 3, pp. 1564–1574). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16056>
- Rozaki, Z., Siregar, H., Pratama, I. A., & Istiyanti, E. (2023). Food security, diversification, and inequality: Indonesia in the era of economic recovery and high price trends. *Advances in Food Security and Sustainability*, 8, 43–94. <https://doi.org/10.1016/BS.AFS.2023.07.007>
- Sedaghat Doost, A., Nikbakht Nasrabadi, M., Kassozi, V., Nakisozi, H., & Van der Meeren, P. (2020). Recent advances in food colloidal delivery systems for essential oils and their main components. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 474–486. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.03.037>
- Sevinc-Demircan, B., & Ozturkoglu-Budak, S. (2023). Use of yeast isolates of cheese origin as adjunct culture in Beyaz cheese: Influence on sensorial, textural and quality characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 60(10), 2670–2680. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05791-3>
- Shin, H., Kwon, C. W., Lee, M. W., Yu, H., & Chang, P. S. (2022). Antibacterial characterization of erythorbyl laurate against *Geobacillus stearothermophilus* spores. *LWT*, 155, 112824. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112824>
- Shu, J., McClements, D. J., Luo, S., Ye, J., & Liu, C. (2023). Effect of internal and external gelation on the physical properties, water distribution, and lycopene encapsulation properties of alginate-based emulsion gels. *Food Hydrocolloids*, 139, 108499. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2023.108499>
- Sun, R., Niu, Y., Li, M., Liu, Y., Wang, K., Gao, Z., Wang, Z., Yue, T., & Yuan, Y. (2023). Emerging trends in pectin functional processing and its fortification for synbiotics: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 134, 80–97. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.03.004>
- Xu, X., Zhang, Y., Han, M., & Guo, Q. (2024). Whey protein fibrils enhance fat-related texture of emulsion systems: Translating structural changes to textural perception. *Food Hydrocolloids*, 146, 109208. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2023.109208>
- Xu, Y., Wei, Y., Jiang, S., Xu, F., Wang, H., & Shao, X. (2022). Preparation and characterization of tea tree oil solid liposomes to control brown rot and improve quality in peach fruit. *LWT*, 162, 113442. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.113442>
- Yan, Y., Chen, S., Nie, Y., & Xu, Y. (2021). Quantitative analysis of pyrazines and their perceptual interactions in Soy Sauce aroma type Baijiu. *Foods*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/foods10020441>
- Zou, Y., Wan, H., Yang, H., Xu, R., Xiang, Y., & Cheng, Y. (2022). C24 and C26 aldehydes are potential natural additives of coating for citrus water retention. *Food Chemistry*, 397, 133742. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.133742>