BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting yang menentukan mutu nugget ayam, terutama selama penyimpanan. Pentingnya pengendalian kadar air dalam bahan ini juga menjadikannya sebagai salah satu standar mutu yang ditetapkan oleh SNI, yaitu pada SNI 6683:2014 tentang nugget ayam. Kandungan air dalam bahan pangan berperan penting terhadap tingkat kesegaran, stabilitas, dan keawetan produk, serta memengaruhi terjadinya reaksi kimia, aktivitas enzim, dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menentukan daya tahan pangan terhadap kerusakan (Azzahra, 2024). Hasil analisis kadar air nugget ayam KCl dengan penambahan *yeast extract* (YE) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Air Nugget Ayam KCl dengan *Yeast Extract*

Perlakuan	Kadar Air (%)[ns]
NaCl 0,8% + 1,15% penyedap makanan	59,67 ± 1,30
Yeast extract (YE) 0,2% + KCl 0,8%	60,27 ± 1,14
Yeast extract (YE) 0,4% + KCl 0,8%	60,02 ± 1,07
Yeast extract (YE) 0,6% + KCl 0,8%	59,71 ± 0,79
Yeast extract (YE) 0,8% + KCl 0,8%	58,53 ± 1,54

[ns] menunjukkan tidak berbeda signifikan ($p>0,05$).

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) dengan konsentrasi berbeda pada nugget ayam KCl tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air ($p>0,05$). Nilai kadar air nugget ayam pada penelitian ini berkisar antara 58,53% hingga 60,27%. Penambahan *yeast extract* (YE) pada variasi konsentrasi yang ditambahkan belum mampu memberikan perubahan yang

signifikan terhadap kemampuan produk dalam mempertahankan air. *Yeast extract* (YE) merupakan produk hasil autolisis sel khamir (*Saccharomyces cerevisiae*) yang kaya akan peptida rantai pendek, asam amino bebas, dan nukleotida (Wu *et al.,* 2024). Komponen-komponen tersebut berperan sebagai senyawa cita rasa (*flavor compounds*) dan bukan sebagai komponen struktural utama yang menentukan kapasitas pengikatan air dalam matriks produk. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Mohammadzadeh *et al.* (2021) pada sosis ayam emulsi rendah natrium, yang menunjukkan bahwa kadar air tidak berbeda nyata antara kelompok kontrol dan seluruh kelompok perlakuan substitusi NaCl dengan KCl serta penambahan *yeast extract* (YE) 1% dan 2% ($p>0,05$).

Kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan YE 0,2% sebesar 60,27%, sedangkan kadar air terendah terdapat pada perlakuan YE 0,8% sebesar 58,53%. Nilai tersebut berada di atas batas maksimum kadar air nugget ayam yang ditetapkan dalam SNI 6683:2014, yaitu sebesar 50% untuk nugget daging ayam tanpa kombinasi. Hal tersebut diduga karena bahan baku yang digunakan dalam formulasi memiliki kandungan air yang tinggi secara alami, seperti daging ayam, roti tawar, dan susu cair. Daging ayam segar itu sendiri secara alami mengandung 60-85% air (Sundari *et al*., 2026). Penelitian Aziz *et al.* (2021) juga menunjukkan kadar air yang di atas standar SNI yaitu berkisar antara 57,92%–62,64% pada nugget ayam berbahan dasar sayap ayam dengan penambahan kerang. Selain itu, penelitian Barros *et al.* (2019) pada nugget ayam (*enrobed restructured chicken nuggets*) menunjukkan kadar air berkisar antara 51,74% hingga 52,77%. Penelitian Rahim *et al.* (2021) melaporkan bahwa nugget ayam komersial memiliki kadar air

sebesar 66,92% pada hari ke-0 penyimpanan, yang telah melebihi ambang batas maksimal kadar air nugget ayam pada SNI.

Meskipun tidak memberikan pengaruh yang nyata secara statistik ($p>0,05$), kadar air menunjukkan kecenderungan menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi *yeast extract* (YE), dari 60,27% menjadi 58,53%. Pola ini sejalan dengan penelitian Yilmaz (2023), pada udang marinasi rendah natrium dengan formulasi NaCl 2% + KCl 2%, penurunan kadar air baru signifikan pada konsentrasi tinggi (3%), sedangkan pada konsentrasi rendah (1%) belum berpengaruh nyata. Menariknya, hasil pengujian WHC pada penelitian ini menunjukkan pola yang berlawanan dengan kadar air, yaitu meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi *yeast extract* (YE) dengan nilai tertinggi pada perlakuan YE 0,8% (98,16%), melebihi perlakuan kontrol (97,96%). Hasil ini sejalan dengan penelitian Mohammadzadeh *et al.* (2021), yang juga melaporkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) menghasilkan nilai WHC yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kecenderungan penurunan kadar air ini tidak mencerminkan menurunnya kemampuan protein daging mengikat air, melainkan kemungkinan berkaitan dengan bertambahnya fraksi padatan akibat penambahan *yeast extract* (YE). Namun, karena perbedaannya tidak signifikan secara statistik ($p>0,05$), perubahan tersebut masih dapat dianggap sebagai variasi yang wajar dan belum menunjukkan adanya pengaruh nyata. Hasil ini sejalan dengan tujuan utama penambahan *yeast extract* (YE) dalam penelitian ini, yaitu sebagai *flavor enhancer* untuk memperbaiki cita rasa, bukan sebagai komponen yang dirancang untuk

mengubah kadar air produk, sehingga tidak adanya pengaruh nyata pada parameter ini merupakan hal yang wajar dan tidak mengindikasikan kegagalan formulasi.

Meskipun kadar air pada seluruh perlakuan berada di atas ambang batas SNI 6683:2014, sebagaimana telah disampaikan sebelumnya bahwa kondisi tersebut juga lazim dijumpai pada produk nugget ayam komersial di pasaran, formulasi nugget ayam rendah natrium pada penelitian ini tetap berpotensi diterapkan sebagai produk komersial. Industri makanan beku, termasuk nugget, memang mengharuskan produk didistribusikan dalam kondisi dingin secara konsisten (*cold supply chain*) agar mutu produk tetap terjaga dan tidak mengalami kerusakan (Evitha, 2018). Oleh karena itu, penerapan rantai dingin yang konsisten mulai dari penyimpanan beku hingga distribusi, disertai kemasan yang kedap udara dan tahan kelembapan, menjadi syarat penting untuk mempertahankan mutu serta mencegah pertumbuhan mikroorganisme akibat kadar air dan aktivitas air yang relatif tinggi. Nugget ayam rendah natrium hasil penelitian ini dengan demikian memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif produk komersial yang lebih sehat, dengan tetap memperhatikan aspek penyimpanan dan pengemasan yang sesuai standar keamanan pangan.

4.2. Water Holding Capacity

Water holding capacity (WHC) merupakan salah satu parameter fungsional yang dapat mengukur bagaimana struktur bahan pangan dalam mencegah terlepasnya air dari struktur tiga dimensi protein (Hufail *et al.,* 2024). WHC menjadi salah satu faktor penting yang memengaruhi kualitas nugget ayam seperti tekstur yang *juicy* dan empuk, terutama selama proses pengolahan seperti pemanasan,

penggilingan, pencampuran bahan, dan proses emulsifikasi (Julfiana *et al.,* 2024). Hasil analisis WHC nugget ayam KCl dengan penambahan *yeast extract* (YE) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji WHC Nugget Ayam KCl dengan *Yeast Extract*

Perlakuan	WHC (%)[ns]
NaCl 0,8% + 1,15% penyedap makanan	97,96 ± 0,17
Yeast extract (YE) 0,2% + KCl 0,8%	97,31 ± 0,59
Yeast extract (YE) 0,4% + KCl 0,8%	97,90 ± 0,69
Yeast extract (YE) 0,6% + KCl 0,8%	97,99 ± 0,25
Yeast extract (YE) 0,8% + KCl 0,8%	98,16 ± 0,57

[ns] menunjukkan tidak berbeda signifikan (p>0,05).

Berdasarkan data hasil pengujian WHC, nilai WHC yang dihasilkan berkisar antara 97,31% hingga 98,16% dengan hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) pada berbagai konsentrasi tidak berpengaruh nyata (p>0,05) terhadap WHC nugget ayam rendah natrium. Hal tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan, terlihat adanya tren nilai WHC yang sempat menurun pada perlakuan YE 0,2% dibandingkan kontrol, kemudian meningkat secara bertahap seiring naiknya konsentrasi *yeast extract* (YE) pada perlakuan selanjutnya. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *yeast extract* (YE) berpotensi mendukung kapasitas pengikat air protein secara bertahap, meskipun pada konsentrasi yang digunakan efeknya belum cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang nyata secara statistik. Pola peningkatan WHC ini sejalan dengan Mohammadzadeh *et al.* (2021) pada sosis ayam emulsi rendah natrium, melaporkan bahwa nilai WHC lebih tinggi pada kelompok yang ditambahkan *yeast extract* (YE) dibandingkan kontrol, meskipun peningkatan tersebut juga tidak signifikan secara statistik.

Peningkatan WHC ini sejalan dengan penelitian Wu *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) meningkatkan WHC melalui kontribusi asam amino bermuatan dalam *yeast extract* (seperti arginin, lisin, dan asam glutamat) dapat menekan penggumpalan protein yang berlebihan, sehingga membentuk jaringan gel yang lebih rapat dan mampu menahan lebih banyak air. Hasil tersebut juga didukung oleh Yuan *et al.* (2021), yang melaporkan bahwa penambahan asam glutamat dapat mengurangi penggumpalan protein myosin sehingga terbentuk jaringan gel yang lebih halus dan mampu mengikat lebih banyak air. Selain itu, peningkatan WHC tersebut diikuti dengan penurunan nilai *hardness*, sejalan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan kecenderungan meningkatnya WHC dan menurunnya *hardness* nugget seiring bertambahnya konsentrasi *yeast extract* (YE). Meskipun demikian, mekanisme tersebut belum dapat dipastikan terjadi pada *yeast extract* (YE) yang digunakan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut, seperti analisis komposisi asam amino pada *yeast extract* (YE), untuk mengetahui komponen yang paling berperan dalam meningkatkan WHC nugget ayam rendah natrium.

Selain kontribusi *yeast extract* (YE), tingginya nilai WHC pada seluruh perlakuan *yeast extract* juga tidak terlepas dari peran KCl sebagai pengganti NaCl dalam formulasi. Hal ini sejalan dengan temuan Feng *et al.* (2018), yang menunjukkan bahwa KCl mampu menghasilkan nilai WHC dan kekuatan gel yang setara dengan NaCl pada protein miofibril ikan, menunjukkan bahwa KCl berpotensi menggantikan sebagian fungsi NaCl dalam mengikat air tanpa menurunkan kualitas gel. Oleh karena itu, tingginya WHC pada perlakuan *yeast*

extract (YE) kemungkinan merupakan hasil kombinasi antara efektivitas KCl dalam mempertahankan fungsi dasar pengikatan air, serta kontribusi tambahan dari *yeast extract* (YE) yang memperkuat jaringan gel protein. Nilai WHC yang meningkat menunjukkan bahwa kemampuan matriks protein dalam mempertahankan air menjadi lebih baik (Taus *et al.,* 2022). Sehingga penurunan kadar air pada konsentrasi *yeast extract* (YE) tertinggi tidak mencerminkan melemahnya kemampuan protein daging dalam mengikat air, melainkan menunjukkan bahwa sifat fungsional produk dalam mempertahankan air tetap terjaga. Wu *et al.* (2024) melaporkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) meningkatkan proporsi air terikat (*bound water*) dan mengurangi air bebas (*free water*), sehingga kemampuan gel dalam menahan air meningkat. Meskipun tidak berpengaruh nyata secara statistik, kecenderungan peningkatan WHC menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) tidak merugikan fungsi dasar produk dalam mengikat air, sehingga sejalan dengan tujuan penambahan YE sebagai *flavor enhancer* yang diharapkan tidak mengorbankan sifat fungsional nugget meskipun fokus utamanya adalah pada perbaikan cita rasa dan penutupan rasa pahit KCl.

4.3. Tekstur

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil analisis profil tekstur menggunakan *texture analyzer* yang meliputi parameter *hardness*, *cohesiveness*, *springiness*, dan *chewiness* pada nugget ayam. *Hardness* menggambarkan gaya maksimum yang diperlukan untuk menekan produk hingga mencapai deformasi tertentu, *cohesiveness* menunjukkan integritas atau kekuatan ikatan internal produk selama proses kompresi, *springiness* menggambarkan

kemampuan produk untuk kembali ke bentuk semula setelah tekanan dihilangkan, sedangkan *chewiness* merupakan energi yang dibutuhkan untuk mengunyah produk hingga siap ditelan yang dihitung dari kombinasi nilai *hardness*, *cohesiveness*, dan *springiness* (Paredes *et al*., 2022). Data yang diperoleh dari alat *texture analyzer* kemudian diolah menggunakan uji ANOVA dan uji lanjut Duncan. Hasil data analisis pengujian tekstur nugget ayam rendah natrium dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Tekstur Nugget Ayam KCl dengan *Yeast Extract*

Perlakuan	Profil Tekstur			
	Hardness (g)	*Cohesiveness*	*Springiness* (mm)	*Chewiness* (mJ)
NaCl 0,8% + 1,15% penyedap makanan	563,50 ± 103,07^{a}	0,83 ± 0,01^{b}	4,44 ± 0,07	20,28 ± 3,61^{ab}
Yeast extract (YE) 0,2% + KCl 0,8%	796,92 ± 26,77^{c}	0,76 ± 0,02^{a}	4,33 ± 0,09	25,26 ± 0,61^{c}
Yeast extract (YE) 0,4% + KCl 0,8%	681,31 ± 69,94^{b}	0,77 ± 0,01^{a}	4,34 ± 0,08	22,74 ± 1,78^{bc}
Yeast extract (YE) 0,6% + KCl 0,8%	491,35 ± 95,02^{a}	0,81 ± 0,04^{b}	4,50 ± 0,35	17,72 ± 4,73^{a}
Yeast extract (YE) 0,8% + KCl 0,8%	522,77 ± 38,01^{a}	0,76 ± 0,03^{a}	4,38 ± 0,08	16,36 ± 1,92^{a}

Superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p<0,05$)

Berdasarkan Tabel 6. diperoleh hasil analisis ANOVA profil tekstur pada nugget ayam. *Hardness* (kekerasan) merupakan salah satu parameter tekstur yang menggambarkan besarnya gaya yang diperlukan hingga suatu produk mengalami deformasi pada suatu produk selama kompresi pertama (Usfinit *et al.,* 2023). Hasil pengujian tekstur menunjukkan bahwa *hardness* nugget berkisar antara 491,35 g hingga 796,92 g, dengan perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($p<0,05$).

Pengaruh YE terhadap hardness ternyata tidak berjalan searah dengan bertambahnya konsentrasi, melainkan naik dulu lalu turun, sehingga perlu dilihat per tahap konsentrasinya. Penambahan *yeast extract* (YE) pada konsentrasi terendah (0,2%) secara signifikan meningkatkan *hardness* dibandingkan kontrol, dari 563,50 g menjadi 796,92 g. Namun, seiring meningkatnya konsentrasi *yeast extract* (YE), *hardness* menunjukkan tren penurunan yang progresif, hingga pada konsentrasi 0,6% dan 0,8% nilainya kembali mendekati kontrol dan tidak lagi berbeda nyata. Penelitian Wu *et al.* (2024) menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) dapat meningkatkan *hardness* dan WHC melalui pembentukan jaringan gel yang lebih rapat, yang diduga berkaitan dengan kandungan asam amino bermuatan di dalam *yeast extract* (YE).

Kecenderungan penurunan *hardness* seiring meningkatnya konsentrasi *yeast extract* (YE) diduga disebabkan oleh kontribusi asam glutamat sebagai komponen dalam *yeast extract* (YE) yang semakin besar. Asam amino yang berperan sebagai penguat cita rasa, seperti asam glutamat, asam aspartat, glisin, dan alanin, dilaporkan mencapai sekitar 34% dari total asam amino dalam *yeast extract* (Tao *et al.,* 2022). Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi *yeast extract* (YE) juga meningkatkan jumlah asam glutamat yang terdapat dalam sistem, sehingga pengaruhnya terhadap pembentukan struktur gel menjadi lebih besar. Asam glutamat menekan agregasi protein myosin melalui interaksi ion-dipol dan ikatan hidrogen, sehingga membentuk jaringan gel yang lebih halus, meningkatkan kemampuan mengikat air, dan menghasilkan tekstur yang lebih lunak (Yuan *et al.,* 2021). YE memang berpengaruh terhadap *hardness* nugget, tapi arahnya berubah

tergantung konsentrasi yang mana di dosis rendah (0,2%) YE membuat nugget lebih keras, sedangkan di dosis lebih tinggi (0,6–0,8%) pengaruh itu hilang dan teksturnya kembali mirip kontrol.

Yeast extract (YE) juga masih mengandung fraksi dinding sel ragi, seperti β-glukan dan mannan oligosakarida (Tao *et al.,* 2022), yang kemungkinan turut memengaruhi sifat tekstur. Penelitian Anand *et al.* (2025) menunjukkan bahwa penambahan *yeast β-glucan* menghasilkan perubahan *hardness* yang tidak linier, di mana *hardness* meningkat pada konsentrasi rendah, kemudian menurun pada konsentrasi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, fluktuasi *hardness* pada penelitian ini diduga tidak hanya dipengaruhi oleh asam amino dalam *yeast extract* (YE), tetapi juga kemungkinan dipengaruhi oleh keberadaan fraksi polisakarida tersebut.

Hasil *cohesiveness* menunjukkan perlakuan penyedap makanan (0,83 ± 0,01) dan YE 0,6% (0,81 ± 0,04) memiliki nilai tertinggi dan tidak berbeda nyata satu sama lain, sementara perlakuan YE 0,2% (0,76 ± 0,02), YE 0,4% (0,77 ± 0,01), dan YE 0,8% (0,76 ± 0,03) berada pada kelompok yang lebih rendah dan tidak berbeda nyata satu sama lain. *Cohesiveness* menunjukkan kemampuan produk untuk mempertahankan keutuhannya setelah mengalami deformasi pertama hingga deformasi kedua (Gutiérrez-Silva *et al.,* 2023). Tingginya *cohesiveness* pada perlakuan NaCl 0,8% sejalan dengan peran NaCl dalam melarutkan protein miofibrilar secara optimal. Protein miofibrilar merupakan protein yang larut dalam garam, di mana pelarutannya oleh garam merupakan prasyarat utama pembentukan jaringan gel yang kohesif pada produk daging olahan, dan Na^+ terbukti memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap permukaan protein dibandingkan K^+ sehingga

NaCl lebih efektif dalam melarutkan berbagai komponen protein otot secara keseluruhan dibandingkan KCl (Jiao *et al*., 2024).

Ketika NaCl digantikan sepenuhnya dengan KCl, kapasitas KCl dalam membentuk interaksi elektrostatik, ikatan hidrogen, dan interaksi hidrofobik antar rantai protein tidak sepenuhnya menyamai NaCl (Jia *et al*., 2023), sehingga *cohesiveness* perlakuan *yeast extract* (YE) secara umum lebih rendah dibandingkan perlakuan penyedap makanan. Namun, pada perlakuan YE 0,6%, nilai *cohesiveness* kembali meningkat hingga tidak berbeda nyata dengan kontrol, artinya di konsentrasi ini, YE berhasil mengangkat *cohesiveness* kembali setara kontrol, meski di konsentrasi lain (0,2%, 0,4%, 0,8%) pengaruh itu tidak terlihat. Peningkatan ini diduga dipengaruhi oleh komponen-komponen dalam *yeast extract* (YE) yang membantu membentuk jaringan gel protein menjadi lebih baik. Salah satu komponen yang diduga berperan adalah fraksi β-glukan yang masih berasal dari dinding sel ragi. Penelitian Anand *et al.* (2025) menunjukkan bahwa penambahan *yeast β-glucan* menghasilkan perubahan *cohesiveness* dan sifat tekstur yang tidak linier. Fraksi β-glukan yang terkandung dalam *yeast extract* (YE) diduga membantu memperkuat jaringan gel protein pada konsentrasi *yeast extract* (YE) yang rendah hingga sedang, sehingga nilai *cohesiveness* meningkat, sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi terjadi kompetisi dalam pengikatan air dan hambatan sterik (*steric hindrance*) yang menyebabkan nilai *cohesiveness* kembali menurun. Pola tersebut serupa dengan hasil penelitian ini, di mana nilai *cohesiveness* meningkat pada YE 0,6% kemudian menurun kembali pada YE 0,8%. Meskipun demikian, karena kandungan β-glukan dalam *yeast extract* (YE) tidak

dianalisis pada penelitian ini, kontribusinya terhadap perubahan *cohesiveness* memerlukan penelitian lebih lanjut.

Hasil pengujian *springiness* tidak menunjukkan perbedaan nyata di antara seluruh perlakuan, dengan nilai berkisar antara 4,33 ± 0,09 mm hingga 4,50 ± 0,35 mm. Berbeda dengan *hardness* dan *cohesiveness*, pada parameter ini YE sama sekali tidak berpengaruh, baik pada perlakuan kontrol maupun seluruh konsentrasi YE yang diuji. *Springiness* merupakan parameter yang menggambarkan kemampuan suatu bahan untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi, yang diukur berdasarkan perbedaan jarak pemulihan antara penekanan pertama dan penekanan kedua (Usfinit *et al.,* 2023). Nilai yang tidak berbeda nyata mengindikasikan bahwa kemampuan produk untuk kembali ke bentuk semula setelah dikompresi relatif konsisten, terlepas dari ada atau tidaknya NaCl maupun variasi konsentrasi *yeast extract* (YE) yang ditambahkan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Anand *et al.* (2025), yang juga melaporkan bahwa penambahan *yeast β-glucan* pada berbagai konsentrasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai *springiness* bakso ikan. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) pada konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini belum cukup untuk mengubah sifat elastisitas nugget ayam secara nyata.

Hasil *chewiness* menunjukkan pola yang searah dengan *hardness*. Hal tersebut terjadi karena *chewiness* merupakan turunan dari nilai *hardness* dan *cohesiveness*. Nilai *chewiness* dihitung berdasarkan hasil perkalian *hardness*, *cohesiveness*, dan *springiness* (Lin *et al.,* 2022). Karena *springiness* tidak berbeda nyata antar seluruh perlakuan, variasi *chewiness* yang muncul hampir seluruhnya

mengikuti pola perubahan *hardness*, yang menegaskan bahwa *hardness* merupakan parameter TPA yang paling sensitif terhadap perbedaan formulasi dalam penelitian ini. Pola ini sejalan dengan temuan Anand *et al*. (2025) yang juga melaporkan bahwa *hardness* dan *chewiness* bergerak searah pada bakso ikan yang difortifikasi *yeast β-glucan* pada berbagai konsentrasi. Berdasarkan keempat parameter tekstur yang diuji, dapat disimpulkan bahwa *hardness* adalah yang paling jelas dipengaruhi oleh penambahan YE, sedangkan *springiness* sama sekali tidak terpengaruh, sementara *chewiness* ikut berubah bukan karena YE langsung memengaruhinya, melainkan karena mengikuti perubahan pada hardness.

4.4. Kadar Natrium

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai kadar natrium yang menunjukkan penurunan setelah garam NaCl dan penyedap makanan digantikan secara penuh oleh KCl dengan *yeast extract* (YE). Data dianalisis secara deskriptif dan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Kadar Natrium Nugget Ayam KCl dengan *Yeast Extract*

Perlakuan	Kadar Natrium (mg / 100 g)
NaCl 0,8% + 1,15% penyedap makanan	1119,86
Yeast extract (YE) 0,2% + KCl 0,8%	339,10
Yeast extract (YE) 0,4% + KCl 0,8%	337,35
Yeast extract (YE) 0,6% + KCl 0,8%	339,05
Yeast extract (YE) 0,8% + KCl 0,8%	349,45

Data ditampilkan sebagai nilai rerata dari 2 ulangan.

Hasil uji kadar natrium pada nugget ayam ini menunjukkan bahwa nugget dengan perlakuan NaCl 0,8% + 1,15% penyedap makanan memiliki kadar natrium paling tinggi dengan rata-rata sebesar 1119,86. Tingginya kadar natrium pada perlakuan NaCl 0,8% ini jelas disebabkan oleh penggunaan NaCl yang secara

langsung menyumbang ion natrium pada nugget (Clavel-Coibrié *et al.,* 2021). Selain itu, penyedap makanan komersial mengandung MSG (monosodium glutamat) yang turut berkontribusi terhadap total kandungan natrium produk. Kandungan natrium dalam MSG diketahui sebesar 12,28 g/100 g, meskipun kandungan tersebut hanya sekitar sepertiga dari kandungan natrium NaCl (39,34 g/100 g) (Maluly *et al*., 2017). Kombinasi keduanya menyebabkan kadar natrium pada perlakuan NaCl 0,8% jauh lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Penggantian NaCl dengan kombinasi *yeast extract* (YE) dan kalium klorida (KCl) berhasil menurunkan kadar natrium secara drastis, yakni sekitar 69,7-69,9% dibandingkan kontrol, nilai terlihat relatif stabil dan tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi *yeast extract* (YE) tidak memberikan pengaruh berarti terhadap akumulasi kadar natrium dalam produk. Meskipun kadar natrium pada YE 0,8% sedikit lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, perbedaannya relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *yeast extract* (YE) tidak memberikan peningkatan kadar natrium yang berarti. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Santana *et al.* (2026), yang menunjukkan bahwa formulasi daging dengan pengurangan NaCl dan penambahan 1-2% *yeast extract* (YE) tetap memiliki kadar natrium yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan kadar natrium terutama ditentukan oleh pengurangan NaCl, sedangkan *yeast extract* (YE) berfungsi sebagai *flavor enhancer* sehingga sumber natrium pada ketiga perlakuan ini berasal dari kandungan natrium alami dalam bahan baku daging ayam dan bahan tambahan lainnya, bukan dari NaCl.

4.5. Uji Ranking

Pengujian ranking nugget ayam KCl dengan penambahan *yeast extract* (YE) ini meliputi atribut warna, aroma, tekstur, rasa ayam, dan rasa pahit. Warna dinilai berdasarkan kondisi bagian dalam nugget dan aroma dinilai berdasarkan pada kondisi nugget dengan pelapis utuh, tekstur dinilai berdasarkan tingkat keempukan saat digigit, rasa ayam berdasarkan tingkat rasa umami, dan rasa pahit dinilai berdasarkan tingkat rasa pahit saat nugget dikunyah. Panelis mengurutkan kelima sampel berdasarkan intensitas tertinggi hingga rendah. Hasil pengujian ranking nugget ayam KCl dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Ranking Nugget Ayam KCl dengan *Yeast Extract*

Perlakuan	Atribut				
	Warna	Aroma	Tekstur	Rasa Pahit	Rasa Ayam
NaCl 0,8% + 1,15% penyedap makanan	2,08 ± 1,39^{a}	4,05 ± 1,40^{a}	1,65 ± 1,35^{a}	4,30 ± 1,29^{a}	2,18 ± 1,60^{a}
Yeast extract 0,2% + KCl 0,8%	3,03 ± 1,56^{ab}	3,18 ± 1,47^{ab}	3,10 ± 1,19^{b}	3,18 ± 1,34^{b}	3,48 ± 1,34^{b}
Yeast extract 0,4% + KCl 0,8%	3,45 ± 1,06^{b}	2,85 ± 1,05^{b}	3,08 ± 1,14^{b}	2,80 ± 1,04^{b}	3,25 ± 1,30^{b}
Yeast extract 0,6% + KCl 0,8%	2,88 ± 1,38^{ab}	2,50 ± 1,15^{b}	3,70 ± 1,26^{b}	2,43 ± 1,03^{b}	3,10 ± 1,22^{ab}
Yeast extract 0,8% + KCl 0,8%	3,60 ± 1,22^{b}	2,43 ± 1,39^{b}	3,48 ± 1,22^{b}	2,30 ± 1,42^{b}	3,00 ± 1,32^{ab}

Superskrip huruf kecil menunjukkan perbedaan nyata ($p<0,05$).

Berdasarkan analisis uji ranking diperoleh hasil Tabel 8. atribut warna nugget dinilai melalui uji ranking dari tingkat kecoklatan tertinggi (rank 1) hingga terendah

(rank 5), sehingga nilai rerata yang lebih rendah menunjukkan warna yang lebih coklat. Nilai atribut warna menunjukkan terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$) pada perlakuan NaCl 0,8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan NaCl 0,8% memiliki warna yang lebih coklat dibandingkan nugget ayam KCl dengan perlakuan *yeast extract* 0,4% dan 0,8%, namun tidak berbeda nyata *dengan yeast extract* 0,2% dan 0,6% meskipun secara nominal warnanya juga cenderung kurang coklat. Kondisi ini diduga berkaitan dengan perbedaan komposisi bahan yang memengaruhi reaksi Maillard selama proses penggorengan.

Reaksi Maillard sendiri terjadi antara gula pereduksi dengan gugus amino bebas dari asam amino atau peptida pada suhu tinggi, yang menghasilkan melanoidin sebagai pigmen coklat khas produk goreng (Rasyda *et al.,* 2024). Penyedap makanan pada perlakuan NaCl 0,8% mengandung komponen gula serta gula alami dari bawang putih dan bawang merah dapat berperan sebagai donor gula pereduksi, sementara penguat rasa berupa asam glutamat dan dinatrium 5'-ribonukleotida, ditambah protein kedelai, dapat berfungsi sebagai donor amino. Bahan yang digunakan produk penyedap rasa yang digunakan berupa daging ayam, perisa sintetik, penguat rasa (asam glutamat, dinatrium 5 ribonukleotida), gula, lada, bawang putih, ketumbar, pewarna, protein kedelai gum xanthan, bawang merah (Wonys *et al.,* 2019). Kondisi tersebut diduga berkontribusi terhadap terbentuknya warna yang lebih coklat pada perlakuan NaCl 0,8%.

Yeast extract yang digunakan merupakan produk hasil autolisis sel khamir (*Saccharomyces cerevisiae*) yang kaya akan peptida rantai pendek, asam amino bebas, dan nukleotida (Santana *et al.,* 2026). Komponen asam amino dan peptida

pada *yeast extract* secara teori dapat berperan sebagai donor gugus amina dalam reaksi Maillard. Sementara itu, gula dan bawang merah sebagai sumber gula pereduksi terdapat pada seluruh perlakuan sebagai bagian dari formula dasar nugget. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi *yeast extract* tidak selalu menghasilkan peningkatan intensitas warna secara bertahap karena peningkatan donor gugus amino tidak disertai dengan peningkatan sumber gula pereduksi yang setara. Hal tersebut dapat menjelaskan mengapa perlakuan *yeast extract* 0,2% dan 0,6% tidak berbeda nyata dengan NaCl 0,8%, sedangkan *yeast extract* 0,4% dan 0,8% menunjukkan perbedaan nyata. Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *yeast extract* tidak menghasilkan perubahan intensitas warna yang linier. Fenomena serupa dilaporkan oleh Yilmaz (2023) pada produk udang laut dalam yang disubstitusi KCl. Peningkatan konsentrasi *yeast extract* dari 1% hingga 3% tidak selalu menghasilkan perubahan nilai kecerahan (L*) secara bertahap. Pada salah satu jenis *yeast extract*, baik konsentrasi rendah maupun tinggi sama-sama tidak berbeda nyata dengan kontrol, menunjukkan bahwa pengaruh *yeast extract* terhadap warna tidak selalu meningkat seiring bertambahnya konsentrasi, sebagaimana juga terlihat pada penelitian ini.

Hasil uji ranking aroma menunjukkan perlakuan NaCl 0,8% memperoleh skor aroma tertinggi sebesar 4,05 yang berbeda nyata dengan perlakuan *yeast extract* 0,4%, 0,6%, dan 0,8% yang berarti panelis aromanya paling tidak berbau kimia atau paling mendekati aroma alami daging ayam yang digoreng. Tingginya skor ini tidak terlepas dari peran penyedap makanan yang mengandung MSG dan NaCl. NaCl dan MSG dapat meningkatkan intensitas aroma ayam (Linscott dan Lim, 2016).

Sementara itu, perlakuan YE 0,2% mendapatkan skor 3,18, yang tidak berbeda nyata dengan NaCl 0,8% namun berbeda nyata dengan YE 0,4%, YE 0,6%, dan YE 0,8%. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah, *yeast extract* masih mampu menghasilkan aroma gurih yang dapat diterima panelis. Cita rasa dan aroma *yeast extract* sebagai bahan penyedap utamanya berupa aroma daging dan aroma panggang, yang sebagian besar berasal dari asam amino dan peptida hasil hidrolisis sel ragi (Tao *et al*., 2022). Penambahan *yeast extract* pada nugget ayam berpotensi meningkatkan intensitas aroma dan *flavor* gurih karena kandungan asam amino, peptida, dan nukleotidanya yang memperkuat persepsi umami.

Seiring meningkatnya konsentrasi *yeast extract*, skor aroma cenderung menurun hingga mencapai nilai terendah pada perlakuan YE 0,8% (2,43). Meskipun YE 0,4%, YE 0,6%, dan YE 0,8% tidak berbeda nyata satu sama lain, ketiga perlakuan tersebut memiliki skor yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi *yeast extract* menyebabkan munculnya *yeasty aroma* yang semakin mudah dikenali oleh panelis. Aroma khas *yeast* dapat berasal dari senyawa volatil sepertiasam propionat dan asam butirat yang terbentuk selama proses produksi *yeast extract* (Tao *et al*., 2022). Selain itu, senyawa p-cresol dan indole juga berkontribusi merupakan penyebab utama *off-flavor* fenolik dan hewani pada *yeast extract* (Wang *et al*., 2020). Kedua jenis senyawa ini terbentuk dari degradasi asam amino aromatik seperti tirosin dan triptofan selama proses autolisis sel ragi, dan pada konsentrasi tinggi keberadaannya semakin dominan sehingga menutupi aroma alami daging ayam.

Hasil uji ranking atribut tekstur menunjukkan bahwa NaCl 0,8% memperoleh skor terendah sebesar 1,65, yang berbeda nyata dengan seluruh perlakuan *yeast extract* yang mana panelis menilai nugget kontrol memiliki tekstur paling kenyal di antara semua perlakuan. Tidak adanya perbedaan nyata antarperlakuan *yeast extract* menunjukkan bahwa tekstur nugget tetap dinilai kurang kenyal dibandingkan kontrol, terlepas dari konsentrasi *yeast extract* yang digunakan. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan kekenyalan lebih dipengaruhi oleh substitusi NaCl dengan KCl dibandingkan penambahan *yeast extract*. Penurunan kekenyalan pada perlakuan substitusi KCl ini sejalan dengan temuan Jin *et al.* (2019) pada sosis masak, yang melaporkan bahwa kelompok kontrol (NaCl penuh) memiliki *cohesiveness* yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok dengan substitusi KCl. Penelitian Laranjo *et al.* (2015) menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan natrium, semakin tinggi pula konsentrasi protein larut yang dapat diekstraksi. Kondisi ini berkontribusi terhadap pengikatan antar komponen daging yang lebih baik sehingga meningkatkan nilai kekenyalan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun KCl mampu menghasilkan WHC yang sebanding dengan NaCl (Feng *et al*., 2018), efektivitasnya dalam membentuk kekompakan struktural tampak tidak sepenuhnya setara, sehingga produk dengan substitusi KCl secara konsisten dipersepsikan kurang kenyal dibandingkan kontrol dengan NaCl penuh.

Ketika NaCl digantikan KCl, kapasitas KCl dalam melarutkan dan menghidrasi protein miofibrilar cenderung sedikit kurang optimal dibandingkan NaCl. Hal ini disebabkan oleh ion kalium yang memiliki medan listrik lebih lemah dan interaksi elektrostatik yang lebih rendah dibandingkan ion natrium, sehingga

menghasilkan perbedaan dalam kelarutan protein dan sifat fisikokimia gel yang terbentuk (Feng *et al*., 2018). Gel protein yang terbentuk pada seluruh perlakuan substitusi cenderung kurang kompak dibandingkan kontrol, tercermin dari skor tekstur yang lebih tinggi (kurang kenyal) secara konsisten pada perlakuan *yeast extract*. Selain mengandung asam amino, *yeast extract* juga mengandung manan oligosakarida dan β-glukan yang berasal dari dinding sel ragi (Tao *et al.,* 2022). Kedua komponen ini diduga lebih berperan sebagai pengisi pada jaringan gel dibandingkan berinteraksi langsung dengan protein. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi *yeast extract* tidak selalu diikuti perubahan kekenyalan dan *cohesiveness*, meskipun WHC cenderung meningkat dan hardness mengalami perubahan. Hasil uji ranking ini juga konsisten dengan parameter *springiness* pada pengujian *Texture Profile Analysis* (TPA), yang tidak menunjukkan perbedaan nyata di antara seluruh perlakuan, termasuk kontrol (4,33–4,50 mm). Namun, pada parameter *hardness*, perlakuan YE 0,2% justru menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan seluruh perlakuan lain, yang sedikit bertolak belakang dengan hasil uji ranking sensoris. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa persepsi kenyal yang dinilai panelis kemungkinan lebih dipengaruhi oleh kombinasi beberapa sifat mekanis secara bersamaan *(multisensory perception*) saat dikonsumsi, bukan murni oleh satu parameter tekstur tertentu seperti *hardness* saja.

Hasil uji ranking atribut rasa pahit menunjukkan perlakuan NaCl 0,8% memperoleh skor tertinggi sebesar 4,30, yang berbeda nyata dengan seluruh perlakuan *yeast extract*. Skor tersebut menunjukkan bahwa panelis menilai perlakuan NaCl 0,8% paling tidak pahit, yang sejalan dengan formulasinya yang

sama sekali tidak mengandung KCl. Pada perlakuan yang menggunakan YE dan KCl, skor rasa pahit cenderung menurun seiring meningkatnya konsentrasi YE, meskipun tidak seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain. Temuan ini penting untuk digarisbawahi, karena berlawanan dengan tujuan awal penambahan YE dalam penelitian ini, yaitu sebagai *flavor enhancer* yang diharapkan mampu menutupi (*taste masking*) rasa pahit yang ditimbulkan oleh penggantian NaCl secara penuh dengan KCl (Vidal *et al*., 2020). Namun, penambahan YE pada konsentrasi yang semakin tinggi justru berasosiasi dengan persepsi pahit yang semakin kuat, sehingga fungsi *taste masking* yang diharapkan dari YE belum tercapai secara efektif pada rentang konsentrasi yang diuji.

Karena proporsi KCl yang digunakan konstan, maka pola tersebut menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan persepsi pahit pada konsentrasi *yeast extract* yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan sifat *yeast extract* sebagai produk hidrolisat protein, di mana rasa pahit yang melekat padanya bersumber dari peptida-peptida hasil hidrolisis protein sel ragi, dan intensitas kepahitannya umumnya berbanding lurus dengan panjang rantai peptida yang terbentuk selama proses autolisis (Tao *et al.,* 2022). Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi *yeast extract* yang ditambahkan, semakin besar pula jumlah peptida pahit yang masuk ke dalam formulasi. Meskipun Belloir *et al.* (2024) melaporkan bahwa nukleotida seperti AMP dalam *yeast extract* dapat membantu menekan persepsi rasa pahit, hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang berbeda. Hal ini mengindikasikan bahwa pada *yeast extract* yang digunakan, kontribusi peptida

pahit kemungkinan lebih dominan dibandingkan efek *masking* dari nukleotida tersebut.

Ketidakberhasilan YE dalam menutupi rasa pahit KCl pada konsentrasi yang diuji (0,2–0,8%) diduga berkaitan dengan rentang konsentrasi yang masih terlalu rendah dibandingkan penelitian terdahulu. Santana *et al.* (2026) melaporkan bahwa penambahan *yeast extract* sebesar 1% pada *beef burger* rendah natrium belum memberikan efek yang jelas terhadap persepsi rasa, dan baru pada konsentrasi 2% produk dipersepsikan "*just right in salt"* dengan skor kesukaan setara kontrol. Demikian pula Yilmaz (2023) melaporkan keberhasilan *yeast extract* pada konsentrasi 1% dalam memperoleh skor sensoris yang baik pada produk marinasi udang rendah natrium. Dengan demikian, konsentrasi YE yang digunakan pada penelitian ini kemungkinan masih berada di bawah ambang konsentrasi efektif untuk menutupi rasa pahit secara optimal.

Meskipun YE belum berhasil menutupi rasa pahit dari KCl, penambahan YE tetap menunjukkan kontribusi positif terhadap atribut sensoris lain, yaitu rasa ayam. Hasil uji ranking atribut rasa ayam menunjukkan perlakuan NaCl 0,8% memperoleh skor rasa ayam terendah sebesar 2,18 yang berbeda nyata dengan perlakuan YE 0,2% dan YE 0,4%, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan YE 0,6% dan 0,8%. Hal ini diduga berkaitan dengan penggunaan penyedap makanan yang mengandung MSG dan nukleotida sebagai *flavor enhancer* yang mampu memperkuat persepsi rasa umami dan cita rasa daging ayam tanpa menghasilkan rasa baru, sehingga rasa ayam lebih mudah dikenali oleh panelis. Akan tetapi, seiring meningkatnya konsentrasi YE dari 0,2% hingga 0,8%, skor rasa ayam justru

menurun dan mendekati nilai kontrol, hingga akhirnya tidak berbeda nyata lagi pada konsentrasi 0,6% dan 0,8%.

Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi *yeast extract* justru memperkuat persepsi rasa ayam, sejalan dengan kandungan asam glutamat dan nukleotida pada *yeast extract* yang secara teori berfungsi sebagai *flavor enhancer.* Asam glutamat mampu menginduksi efek penyedap serupa MSG bahkan pada kadar rendah, sementara nukleotida bekerja sinergis dengannya dalam memperkuat respons rasa umami (Tome, 2021), sehingga pada konsentrasi cukup tinggi (0,6–0,8%) efeknya mulai menyamai penyedap komersial pada kontrol. Meskipun Wang *et al.* (2020) menjelaskan bahwa *off-flavor* fenolik dan hewani dari senyawa p-cresol dan indole merupakan penyebab utama aroma menyimpang (*off-flavor*) pada *yeast extract* yang berpotensi bersaing dengan persepsi rasa ayam alami, data pada Tabel 8 menunjukkan bahwa skor rasa pahit pada seluruh perlakuan YE tergolong rendah dan berbeda nyata dari kontrol, mengindikasikan bahwa *off-flavor* tersebut tidak dominan dipersepsikan oleh panelis. Hal ini mendukung dugaan bahwa efek sinergis asam glutamat dan nukleotida pada YE lebih dominan dibanding potensi kompetisi rasa tersebut, sehingga peningkatan konsentrasinya sejalan dengan peningkatan persepsi rasa ayam.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan *yeast extract* (YE) pada nugget ayam KCl tidak memengaruhi kadar air*, water holding capacity* (WHC), dan kadar natrium, tetapi memengaruhi karakteristik tekstur dan sensoris. Penggantian NaCl secara penuh oleh KCl mampu menurunkan kadar natrium nugget ayam sekitar 69,7-69,9% dibandingkan kontrol. Berdasarkan keseluruhan karakteristik fisik, kimia, tekstur, dan sensoris, perlakuan P3 dengan penambahan *yeast extract sebesar* 0,6% dan KCl sebesar 0,8% merupakan perlakuan terbaik. Konsentrasi tersebut menghasilkan kombinasi karakteristik produk yang paling optimal dibandingkan perlakuan lainnya.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai karakterisasi komponen penyusun *yeast extract* (YE), seperti asam amino, peptida, dan β-glukan, untuk menjelaskan mekanisme pengaruhnya terhadap karakteristik nugget ayam rendah natrium. Selain itu, perlu dilakukan pengembangan formulasi untuk meningkatkan penerimaan sensoris, terutama dalam mengurangi aroma asing dan rasa pahit akibat penggantian NaCl secara penuh oleh KCl.

DAFTAR PUSTAKA

Aksan, S. R., S. Na'imah., S. B. Tondok., E. K. Firdaus., dan Haryani. 2020. Asupan tinggi garam sebagai perilaku berisiko terhadap penyakit kardiovaskular: literature review. Jurnal Keperawatan Klinis dan Komunitas, 4(2): 81-88.

Anand, S., B. K. Pati., N. K. Mehta., A. B. Patel., K. Gaurav., A. Singh., N. S. Singh., H. Nath., B. K. Singh., dan M. B. Priyadarshini. 2025. Influence of yeast β-glucan on the quality of pangasius fish mince balls. ACS omega, 10(51): 63-125.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists

AOAC. 2011. Official Method 2011.14. Calcium, Copper, Iron, Magnesium, Manganese, Potassium, Phosphorus, Sodium, and Zinc in Fortified Food Product: (Microwave Digestion and Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry)

Aziz, A. N. A., El Sesy, T. A., dan Hashem, S. M. 2021. Evaluation of nutritional value and acceptability of chicken nuggets produced by chicken wings and dehydrated shellfish. Food and Nutrition Sciences, 12(8): 805-817.

Azzahra, A. 2024. Analisis impak cara penyajian suhu tinggi terhadap mutu nugget ayam siap konsumsi. Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, 1(1): 1-17.

Barros, J. C., T. S. Gois., M. A. Pires, M., I. Rodrigues., dan M. A. Trindade. 2019. Sodium reduction in enrobed restructured chicken nuggets through replacement of NaCl with $CaCl_2$. Journal of Food Science and Technology, 56: 3587–3596.

Belloir, C., A. Karolkowski., A. Thomas., R. Menin., dan L. Briand. 2024. Modulation of bitter taste receptors by yeast extracts. Food Research International, 190: 114-596.

Cepanec, K., S. Vugrinec., T. Cvetković., dan J. Ranilović. 2017. Potassium chloride-based salt substitutes: A critical review with a focus on the patent literature. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(5): 881–894

Chrysant, S. G. 2016. Effects of high salt intake on blood pressure and cardiovascular disease: The role of COX inhibitors. Clinical Cardiology, 39(4): 240–242.

Clavel-Coibrié, E., J. R. Sales., A. M. da Silva., M. J. Barroca., I. Sousa., dan A. Raymundo. 2021. Sarcocornia perennis: A salt substitute in savory snacks. Foods, 10(12): 3110.

Demirgül, F., Ö. Şimşek., F. Bozkurt., E. Dertli., dan O. Sağdıç. 2022. Production and characterization of yeast extracts produced by Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces boulardii and Kluyveromyces marxianus. Preparative biochemistry & biotechnology, 52(6): 657-667.

El-Sohaimy, S. A., M. G. Abd El-Wahab., Z. A. Oleneva., dan A. D. Toshev. 2022. Physicochemical, organoleptic evaluation and shelf life extension of quinoa flour-coated chicken nuggets. Journal of Food Quality, 2022(1): 931-2179.

Evitha, Y. 2018. Tantangan industri cold supply chain produk makanan beku. Jurnal Logistik Indonesia, 2(2): 25-28.

Feng, J., A. Cao., L. Cai., L. Gong., J. Wang., Y. Liu., Y. Zhang., dan J. Li. 2018. Effects of partial substitution of NaCl on gel properties of fish myofibrillar protein during heating treatment mediated by microbial transglutaminase. LWT, 93: 1-8.

Gutiérrez-Silva, G., F. Vásquez-Lara., N. G. Heredia-Sandoval., dan A. R. Islas Rubio. 2023. Effect of high-protein and high-fiber breaders on oil absorption and quality attributes in chicken nuggets. Foods, 12(24): 4463.

Hanifah, W., W. S. Oktavia., dan H. Nisa. 2021. Faktor gaya hidup dan penyakit jantung koroner: review sistematik pada orang dewasa di Indonesia. Penelitian Gizi dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research), 44(1): 45-58.

Hardoko, H., E. Suprayitno., A. A. Prihanto., M. Firdaus., A. Chamidah., H. Kartikaningsih., Y. E. Puspitasari., J. E. Tambunan., dan H. Djamaludin. 2025. Pelatihan assessment mutu nugget ikan dengan uji sensori di Desa Krenceng, Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Jurnal Abdi Insani, 12(4): 1584-1592.

Haumahu, A. S., I. J. Liur., dan N. C. Tiven. 2026. Substitusi tepung tapioka dengan tepung sagu terhadap kualitas organoleptik nugget daging ayam. MARSEGU: Jurnal Sains dan Teknologi, 2(10): 644-658.

Hayati, R., N. Mayani., R. Husna., dan I. Sulaiman,. 2023. Pengolahan nugget ayam dan penerimaannya melalui uji organoleptik di Desa Krueng Lam Kareung Kecamatan Indrapuri Aceh Besar. Jurnal Pengabdian Mahakarya Masyarakat Indonesia, 1(1): 19-24.

Hufail, I., N. S. Achyadi., dan S. Effendi. 2024. Pembuatan telur tinggi kalium menggunakan metode dan jenis telur yang berbeda. COMPOSITE: Jurnal Ilmu Pertanian, 6(1): 55-65.

Indriana, H., dan V. Indrawati. 2024. Hubungan asupan zat gizi makro, natrium, dan status gizi dengan tekanan darah pada wanita lansia di Desa Mojowarno Jombang. Jurnal Gizi dan Kesehatan Nusantara, 4(4): 761-770.

Jakopović, K. L., I. B. Jurina., N. M. Radovčić., R. Božanić., dan A. J. Tušek. 2024. Utilisation of potassium chloride in the production of white brined cheese: artificial neural network modeling and kinetic models for predicting brine and cheese properties during storage. Foods, 13(19): 303.

Jia, B., J. Chen., G. Yang., J. Bi., J. Guo., K. Shang., S. Wang., Z. Wu., dan K. Zhang. 2023. Improvement of solubility, gelation and emulsifying properties of myofibrillar protein from mantis shrimp (Oratosquilla oratoria) by phosphorylation modification under low ionic strength of KCl. Food Chemistry, 403: 134497.

Jiao, X., X. Li., N. Zhang., B. Yan., J. Huang, J., Zhao., H. Zhang., W. Chen., dan D. Fan. 2024. Solubilization of fish myofibrillar proteins in NaCl and KCl solutions: A DIA-based proteomics analysis. Food Chemistry, 445: 138662.

Jin, S. K., S. J. Hur., dan D. G. Yim. 2019. Impact of partial substitution of NaCl by KCl, and MgCl2 on physicochemical and sensory properties of cooked sausages during storage. Asian-Australasian journal of animal sciences, 33(10): 1666.

Julfiana, R., F. Fitrianingsih., dan H. Hafid. 2024. Kualitas fisiko-kimia duck nugget dari daging yang diempukkan dengan getah pepaya. Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo, 6(2): 174-179.

Laranjo, M., A. C. Agulheiro-Santos., M. E. Potes., M. J. Cabrita., R. Garcia., M. J. Fraqueza., dan M. Elias. 2015. Effects of genotype, salt content and calibre on quality of traditional dry-fermented sausages. Food Control, 56: 119-127.

Li, C, M. Feng , G. Su, dan W. Sun. 2019. Effects of yeast extract on the qualities of Cantonese sausage. Modern Food Science & Technology, 35(9): 219 226.

Li, Z., W. Wu., R. Liu., H. Chen., X. Fang., H. Chen., X. Fang., H. Chen., B. Niu., dan H. Gao. 2025. Preparation of a fucoidan-KCl-based sodium salt substitute and its application in improving chicken mince quality. International Journal of Biological Macromolecules, 319: 145-530.

Lin, Y., Y. Wang., G. Jin., J. Duan., Y. Zhang., dan J. Cao. 2022. The texture change of chinese traditional pig trotter with soy sauce during stewing processing: Based on a thermal degradation model of collagen fibers. Foods, 11(12): 1772.

Linscott, T. D., dan J. Lim. 2016. Retronasal odor enhancement by salty and umami tastes. Food Quality and Preference, 48: 1-10.

Maligan, J. M., B. M. Amana., dan W. D. R. Putri. 2018. Analisis preferensi konsumen terhadap karakteristik organoleptik produk roti manis di kota Malang. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 6(2).

Maluly, H. D., A. P. Arisseto-Bragotto., dan F. G. Reyes. 2017. Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: Technological and safety aspects. Food science & nutrition, 5(6): 1039-1048.

Maris, S. T., dan S. L. Lenny. 2026. Hubungan kualitas tidur dan konsumsi garam dengan tingkat hipertensi di Desa Kuta Tualah tahun 2024. Jurnal Riset Multidisiplin Edukasi, 3(2): 560-567.

Mohammadzadeh, M., E. Berizi., dan S. S. Shekarforoush. 2021. Influence of limited replacement of NaCl with KCl and yeast extract on microbiological, chemical, sensory, and textural properties of emulsion-type chicken sausages. Food Science & Nutrition, 9(4): 2308–2315.

Nabilah, S., Z. Zulkifli., dan N. A. Habibi. 2025. Pengaruh substitusi tepung ampas kelapa (*Cocos nucifera l*) terhadap mutu organoleptik, kadar serat dan daya

terima sempol ayam sebagai jajanan anak sekolah. Jurnal Gizi Mandiri, 2(2): 28-35.

Nuriliani, A., T. Apriliyani., N. A. O. Pusparini., K. Karmilah., Z. Rohmah., dan W. A. S. Tunjung. 2024. Mekanisme penyakit kardiovaskular terkait penuaan. Bioma: Berkala Ilmiah Biologi, 26(2): 80-93.

Nurlaila, S., D. M. Agustini., dan J. Purdianto. 2017. Uji organoleptik terhadap berbagai bahan dasar nugget. Maduranch: Jurnal Ilmu Peternakan, 2(2): 67 72.

Paredes, J., D. Cortizo-Lacalle., A. M. Imaz., J. Aldazabal., dan M. Vila. 2022. Application of texture analysis methods for the characterization of cultured meat. Scientific Reports, 12(1): 3898.

Purslow, P. P., L. B. Pouzo., dan M. I. Palacio. 2023. The extraction of soluble proteins aids salt swelling of pork meat. Food Materials Research, 3(1).

Rahim, N. I. M., F. Kormin., N. A. Z. Abidin., dan N. A. Z. Abidin. 2021. Stability evaluation of chicken nuggets formulated with fibres. Enhanced Knowledge in Sciences and Technology, 1(2): 193-200.

Rasyda, R. Z., Z. Zainuri., dan W. Werdiningsih. 2024. Pengaruh rasio MOCAF dan tepung porang terhadap mutu kimia dan organoleptik nugget ikan tenggiri. Pro Food, 10(1): 50-60.

Ratulangi, F. S., dan S. C. Rimbing. 2021. Mutu sensoris dan sifat fisik nugget ayam yang ditambahkan tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*). Zootec, 41(1): 230–239.

Roumruk, W. 2026. Chicken nuggets isolated on white background with Clipping Path. Vecteezy. Tanggal akses: 23 September 2026. (https://www.vecteezy.com/photo/7135887-chicken-nuggets-isolated-on white-background-with-clipping-path).

Sakti, H., S. Lestari., dan A. Supriadi. 2016. Perubahan mutu ikan gabus (Channa striata) asap selama penyimpanan. Fishtech, 5(1): 11-18.

Santana, L. P., E. B. de Souza., N. de Jesus Pimentel-Filho., E. Saldaña., M. A. F. Domingues., dan M. M. Selani. 2026. Micronized salt and yeast extract as strategies for sodium reduction in beef burgers. Meat Science, 110061.

Sundari, D., N. Nurjanah., E. Efriwati., F. Ernawati., F. Retiaty., S. Suharmiati., A.Y. Arifin., E. D. Julianti., P. R. Intan., S. Alegantina., dan S. Salimar. 2026. Water content and cholesterol dynamics in various chicken meat cuts influenced by thermal processing methods: A multi-city assessment. Journal of Advanced Veterinary and Animal Research, 13(1): 132.

Tao, Z., H. Yuan., M. Liu., Q. Liu., S. Zhang., H. Liu., Y. Jiang., D. Huang., dan T. Wang. 2022. Yeast extract: characteristics, production, applications and future perspectives. Journal of microbiology and biotechnology, 33(2): 151.

Taus, A. L., P. K. Tahuk., dan K. W. Kia. The effect use of different binding materials on water holding capacity, water content and crude fiber content of chicken nuggets. Journal of Tropical Animal Science and Technology, 4(1): 74-81.

Tome, D. 2021. Yeast extracts: nutritional and flavoring food ingredients. ACS Food Science & Technology, 1(4): 487-494.

Usfinit, A. M. M., H. J. D. Lalel., Z. Abidin., Y. T. Rubak., dan M. H. Ndapamuri. 2023. Pengaruh proporsi daging ayam dan tepung belalang kembara terhadap sifat fisiko-kimia dan organoleptik nugget. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 11(2).

Vidal, V. A., J. B. Santana., C. S. Paglarini., M. A. da Silva., M. Q. Freitas., E. A. Esmerino., A. G. Cruz., dan M. A. Pollonio. 2020. Adding lysine and yeast extract improves sensory properties of low sodium salted meat. Meat Science, 159: 107-911.

Wang, Z., Q. Xiao., J. Zhuang., T. Feng., C. T. Ho., dan S. Song. 2020. Characterization of aroma-active compounds in four yeast extracts using instrumental and sensory techniques. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68(1): 267-278.

Wijoyo, I. A., T. Hidayat., dan H. N. Eritrina, H. N. 2026. Pengaruh penambahan tepung tulang ceker ayam terhadap kualitas sensori nugget ayam bebas gluten. Jurnal Teknologi Hasil Peternakan, 7(1): 121-133.

Wonys, H. R., C. A. Harlim., dan R. Retnaningtyas. 2019. Proses pengolahan bumbu penyedap (masako) di Pabrik Ajinomoto Indonesia Mojokerto-Jawa Timur (Doctoral dissertation, Faculty of Agricultural Technology).

Wu, D., J. Xiong., P. Li., Y. Zhang., F. Li., T. Yin., dan Q. Huang. 2024. Dual enhancement effects of different yeast extract on gel properties and saltiness perception of low-salt surimi gel from silver carp. Food Hydrocolloids, 152: 109925.

Xu, M., T. Liu., X. Gao., Y. Shi., X. Zhao., dan J. Zou. 2024. Interactions between corn starch and ethyl maltol under heat-moisture treatment and its application in fried chicken nuggets. Foods, 13(22): 3629.

Yeni., A. Tritisari., dan Hamdi. 2023. Analisa mikrobiologi menggunakan NaCl sebagai alternatif buffer peptone water pada produk desiccated coconut di Pt. Unicoco Industries Indonesia. Jurnal Agroindustri Pangan, 2(1): 88-104.

Yilmaz, E. B. S. 2023. Utilization of yeast extract as a flavor enhancer and masking agent in sodium-reduced marinated shrimp. Molecules, 29(1): 182.

Yu, C., L. Chen., K. Ouyang., H. Chen., M. Xu., S. Lin., dan W. Wang. 2024. Effect of partial substitution of NaCl by KCl on aggregation behavior and gel properties of beef myosin. Food Chemistry, 458: 140-178.

Yuan, L., Y. Kong., W. Leng., Y. Wang., W. Jin., dan R. Gao. 2021. L-glutamic acid affects myosin aggregation and the physical properties of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) surimi gels. Food Bioscience, 40: 100886.

Zarei, O., S. Dastmalchi, S., dan M. Hamzeh-Mivehroud. 2016. A simple and rapid protocol for producing yeast extract from Saccharomyces cerevisiae suitable for preparing bacterial culture media. Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR, 15(4): 907.