

Pengaruh Penambahan Karagenan terhadap Mutu Sosis Siap Makan Berbasis Daging Kerbau: *Review*

Nanda Asshifanni^{1*}, Muhammad Hilmi Naufal¹, Irfan Fadhlurrohman¹

¹Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman

Email: nandabem09@gmail.com

Abstrak

Daging kerbau merupakan sumber protein hewani potensial yang memiliki kadar lemak rendah dan protein tinggi. Namun, karakteristik fisiknya yang cenderung keras dan berwarna gelap menjadi tantangan dalam pengolahan produk olahan seperti sosis. Salah satu inovasi teknologi yang berkembang adalah pemanfaatan karagenan sebagai bahan tambahan pangan untuk memperbaiki kualitas fisik, kimia, dan sensoris produk daging. Artikel ini bertujuan untuk mereview hasil-hasil penelitian terkini mengenai pengaruh penambahan karagenan terhadap karakteristik sosis daging kerbau. Kajian literatur dilakukan terhadap berbagai penelitian dalam kurun waktu 2018–2025 yang membahas fungsi karagenan dalam sistem emulsi daging. Hasil kajian menunjukkan bahwa karagenan meningkatkan daya ikat air, stabilitas emulsi, kelembutan, serta penerimaan sensoris sosis daging kerbau. Penambahan karagenan dengan konsentrasi optimal 0,75–1,0% mampu menghasilkan tekstur yang lembut dan kenyal, memperbaiki warna, serta memperpanjang umur simpan produk. Karagenan terbukti menjadi bahan tambahan yang efektif, aman, dan ekonomis untuk pengembangan produk olahan daging kerbau yang berkualitas.

Kata kunci: Daging kerbau, Sosis, Karagenan, Kualitas fisik, Sensoris

Abstract

Buffalo meat is a potential source of animal protein with low fat and high protein content. However, its tough texture and dark color present challenges in producing processed products such as sausages. One of the emerging technological innovations is the use of carrageenan as a food additive to improve the physical, chemical, and sensory qualities of meat products. This article aims to review recent research on the effect of carrageenan addition on the characteristics of buffalo meat sausages. A literature review was conducted on studies from 2018–2025 discussing carrageenan's function in meat emulsion systems. The findings show that carrageenan enhances water-holding capacity, emulsion stability, tenderness, and sensory acceptance. The optimal concentration of 0.75–1.0% produces soft and elastic textures, improves color, and extends shelf life. Carrageenan is proven to be an effective, safe, and economical additive for the development of high-quality buffalo meat products.

Keywords: Buffalo meat, Sausage, Carrageenan, Physical quality, Sensory

PENDAHULUAN

Daging kerbau (*Bubalus bubalis*) merupakan bahan pangan sumber protein hewani yang memiliki potensi besar di negara-negara tropis dan subtropis, termasuk Indonesia, India, Pakistan, Thailand, dan beberapa negara di Afrika dan Amerika Latin. Populasi kerbau dunia mencapai sekitar 200 juta ekor dengan kontribusi produksi daging mencapai 4,5 juta ton per tahun, di mana sebagian besar berasal dari Asia Selatan dan Asia Tenggara. Daging kerbau memiliki kandungan protein tinggi (20-22%) dan lemak rendah (1,5-2,5%) sehingga cocok untuk mendukung pola konsumsi rendah kolesterol dan diet sehat bagi individu dengan risiko penyakit kardiovaskular, obesitas, dan sindrom metabolik. Kandungan mineral esensial seperti zat besi (3,2-3,8 mg/100g), zinc (4,5-5,2 mg/100g), dan fosfor juga lebih tinggi dibandingkan daging sapi, menjadikannya sumber mikronutrien yang baik untuk mencegah anemia dan mendukung pertumbuhan. Profil asam lemak daging kerbau menunjukkan rasio asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) terhadap asam lemak jenuh (SFA) yang lebih menguntungkan, dengan kandungan omega-3 yang relatif tinggi. Tekstur yang keras akibat tingginya kandungan jaringan ikat kolagen (4-6%) dan cross-linking yang lebih kuat, warna yang lebih gelap dengan nilai L* berkisar 32-38 akibat konsentrasi mioglobin yang tinggi (8-10 mg/g), dan rendahnya kandungan lemak intramuskular (marbling) yang hanya 1-2% membuatnya kurang disukai dibandingkan daging sapi yang memiliki tekstur lebih lembut, warna lebih cerah (L* 40-46), dan marbling 3-5% (Kandeepan *et al.*, 2019). Persepsi negatif terhadap karakteristik sensoris daging kerbau ini menyebabkan harga jualnya 20-30% lebih rendah dibanding daging sapi meskipun nilai gizinya lebih unggul. Inovasi dalam pengolahan perlu dilakukan untuk meningkatkan nilai guna, daya terima konsumen, nilai ekonomis, serta utilisasi daging kerbau sebagai bahan baku industri pangan olahan yang dapat memberikan nilai tambah signifikan bagi peternak dan pelaku usaha.

Sosis merupakan salah satu produk olahan daging yang populer secara global dengan konsumsi mencapai 30 kg per kapita per tahun di negara-negara Eropa dan Amerika, serta 2-5 kg per kapita per tahun di negara-negara Asia yang terus mengalami peningkatan seiring perubahan gaya hidup urban dan permintaan pangan siap saji. Popularitas sosis disebabkan oleh tekstur lembut dan kenyal, rasa gurih yang khas, kemudahan konsumsi tanpa persiapan rumit, daya simpan yang relatif panjang dengan teknologi pengawetan modern, serta fleksibilitas dalam penyajian baik sebagai lauk, bahan sandwich, atau camilan. Pasar global sosis diproyeksikan tumbuh 4,5% per tahun dengan

nilai mencapai USD 80 miliar pada tahun 2028, didorong oleh inovasi produk dan perluasan segmen konsumen. Penggunaan daging kerbau dalam pembuatan sosis menghadapi kendala teknis berupa tekstur akhir yang cenderung keras dan kurang juicy akibat rendahnya kandungan lemak yang berfungsi sebagai pelumas dan pemberi rasa, serta kecerahan warna yang kurang menarik dengan kecenderungan berwarna coklat kehitaman yang dapat mengurangi persepsi kesegaran dan kualitas di mata konsumen. Karakteristik emulsi daging kerbau juga kurang stabil karena protein miofibrilnya memiliki kapasitas emulsifikasi yang lebih rendah dibandingkan daging sapi, menyebabkan pemisahan lemak dan air selama pemasakan. Bahan tambahan pangan seperti karagenan yang berfungsi sebagai pengikat air (water binder), pengental (thickener), pembentuk gel (gelling agent), dan stabilisator emulsi (emulsion stabilizer) digunakan untuk mengatasi hal ini. Karagenan merupakan hidrokoloid alami yang diekstrak dari rumput laut merah dengan status GRAS (*Generally Recognized As Safe*) oleh FDA dan diizinkan penggunaannya hingga 1,5% dalam produk daging olahan menurut regulasi Codex Alimentarius dan BPOM. Penambahan karagenan diharapkan dapat memperbaiki kualitas fisik melalui peningkatan daya ikat air dan penurunan susut masak, kualitas tekstural melalui pembentukan jaringan gel elastis, stabilitas emulsi melalui peningkatan viskositas dan pembentukan film interfasial, serta kualitas sensoris sosis daging kerbau melalui perbaikan warna, juiciness, dan mouthfeel, tanpa mengubah kandungan gizi makronutrien seperti protein, lemak, dan karbohidrat secara signifikan, sehingga tetap mempertahankan keunggulan nutrisi daging kerbau sebagai produk rendah lemak dan tinggi protein.

Penggunaan karagenan pada produk olahan daging telah banyak diteliti secara global dengan fokus pada berbagai jenis daging seperti sapi, babi, ayam, domba, dan ikan, menunjukkan hasil positif terhadap perbaikan karakteristik fungsional dan sensoris. Karagenan dapat meningkatkan stabilitas emulsi hingga 15-20% yang diukur melalui penurunan fat and water separation, memperbaiki tekstur melalui interaksi ionik antara gugus sulfat bermuatan negatif pada rantai polisakarida karagenan dengan residu asam amino bermuatan positif (lisin, arginin, histidin) pada protein miofibril terutama aktin dan miosin, membentuk kompleks protein-polisakarida yang menghasilkan jaringan gel tiga dimensi dengan sifat viskoelastis yang menguntungkan (Hassan *et al.*, 2019). Mekanisme pembentukan gel karagenan melibatkan transisi coil-helix pada suhu pendinginan yang diikuti oleh agregasi helix ganda membentuk junction zones yang distabilkan oleh interaksi elektrostatik dan ikatan hidrogen. Konsentrasi optimal karagenan berkisar 0,5-1,5%

tergantung pada jenis daging, formulasi, dan metode pengolahan yang digunakan. Penelitian menunjukkan bahwa karagenan juga dapat berfungsi sebagai fat replacer yang mengurangi kandungan lemak hingga 25-30% tanpa mengorbankan karakteristik sensoris, menjadikan produk lebih sehat dengan kalori lebih rendah. Karagenan dapat meningkatkan water holding capacity (WHC) hingga 10-15%, mengurangi cooking loss hingga 20-40%, meningkatkan nilai kecerahan (L^*) sebesar 5-12%, serta memperpanjang umur simpan melalui penurunan aktivitas air (aw) dan penghambatan pertumbuhan mikroba pembusuk. Penelitian spesifik terkait aplikasi karagenan pada sosis berbasis daging kerbau masih terbatas dengan hanya sekitar 15-20 publikasi dalam dekade terakhir, sebagian besar berasal dari India, Indonesia, dan Thailand sebagai negara produsen kerbau utama. Celah pengetahuan (knowledge gap) masih terdapat pada aspek optimasi konsentrasi karagenan untuk berbagai formulasi sosis kerbau, interaksi karagenan dengan bahan tambahan lain seperti fosfat, garam, dan protein nabati, pengaruh jenis karagenan (kappa, iota, lambda) terhadap karakteristik produk akhir, mekanisme molekuler detail dari interaksi karagenan dengan protein daging kerbau yang memiliki karakteristik unik, serta aplikasi karagenan dalam produk sosis kerbau fungsional yang diperkaya dengan serat, antioksidan, atau probiotik. Kajian komprehensif yang merangkum dan mensintesis hasil-hasil penelitian terbaru menjadi penting untuk memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan produk olahan daging kerbau yang lebih kompetitif di pasar domestik dan internasional, memfasilitasi transfer teknologi dari laboratorium ke industri, serta mengidentifikasi arah penelitian masa depan yang diperlukan untuk mengatasi tantangan dalam pengolahan daging kerbau.

Artikel review ini bertujuan untuk meninjau secara kritis dan komprehensif pengaruh penambahan karagenan terhadap karakteristik fisik (water holding capacity, cooking loss, tekstur, warna, stabilitas emulsi), kimia (komposisi proksimat, pH, stabilitas oksidatif lipid, profil asam lemak), mikrobiologi (Total Plate Count, aktivitas air, pertumbuhan bakteri spesifik), dan sensoris (rasa, aroma, tekstur, warna, overall acceptability) sosis daging kerbau berdasarkan studi-studi empiris yang dipublikasikan dalam 10 tahun terakhir (2015-2025). Review ini juga akan menganalisis mekanisme kerja karagenan dalam sistem emulsi daging kerbau pada level molekuler dan struktural, mengidentifikasi konsentrasi optimal dan faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas karagenan, mengevaluasi interaksi karagenan dengan komponen formulasi lain, membandingkan efektivitas karagenan dengan hidrokoloid lain seperti alginat, xanthan

gum, dan gelatin, serta mendiskusikan potensi aplikasi karagenan dalam pengembangan produk sosis kerbau fungsional dan inovatif. Hasil review ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi industri pengolahan daging dalam formulasi sosis kerbau berkualitas tinggi, memberikan insight bagi peneliti untuk mengarahkan penelitian lanjutan pada area yang masih memerlukan eksplorasi, serta mendukung pengembangan standar dan regulasi terkait penggunaan karagenan dalam produk daging olahan di Indonesia. Review ini juga akan mengidentifikasi peluang dan tantangan dalam komersialisasi sosis daging kerbau dengan karagenan, termasuk aspek ekonomi, penerimaan konsumen, dan keberlanjutan rantai pasokan bahan baku.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* dengan menganalisis hasil-hasil penelitian nasional dan internasional terkait pengembangan sosis daging kerbau menggunakan karagenan. Sumber data diperoleh dari jurnal bereputasi (Springer, Elsevier, MDPI, dan Scopus) periode 2018–2025. Artikel yang dipilih membahas pengaruh penambahan karagenan terhadap sifat fisik (tekstur, warna, WHC), kimia (pH, kadar air, protein), serta uji sensoris sosis daging. Analisis dilakukan dengan membandingkan formulasi dan konsentrasi karagenan antar penelitian serta mengidentifikasi konsentrasi optimal untuk aplikasi industri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Daging Kerbau dan Peran Karagenan

Daging kerbau memiliki struktur serat otot yang panjang dengan kandungan kolagen mencapai 4-6%, jauh lebih tinggi dibandingkan daging sapi yang hanya 2-3%. Tingginya kandungan kolagen ini menyebabkan produk olahan daging kerbau cenderung keras dan alot, kurang disukai konsumen (Bodhar *et al.*, 2020). Diameter serat otot daging kerbau berkisar 45-65 μm , lebih besar dari serat otot daging sapi yang berdiameter 35-50 μm . Jaringan ikat kolagen tipe I dan tipe III yang membentuk endomisium, perimisium, dan epimisium pada daging kerbau memiliki ikatan silang yang sangat kuat, sehingga sulit dipecah selama proses pemasakan konvensional pada suhu di bawah 80°C. Karakteristik inilah yang menjadi kendala utama dalam pembuatan sosis dengan tekstur lembut dan mudah dikunyah.

Karagenan berperan penting dalam mengubah struktur jaringan daging menjadi lebih baik melalui pembentukan matriks gel tiga dimensi. Karagenan merupakan

polisakarida dengan berat molekul 200-800 kDa yang memiliki kemampuan membentuk gel pada suhu dingin. Proses pembentukan gel ini melibatkan perubahan struktur dari bentuk acak menjadi struktur heliks ganda saat suhu diturunkan. Senyawa karagenan berinteraksi dengan protein miofibril, terutama aktin dan miosin, melalui gugus sulfat bermuatan negatif yang berikatan dengan asam amino bermuatan positif seperti lisin, arginin, dan histidin. Ikatan elektrostatik ini memperkuat struktur gel dan meningkatkan kemampuan mengikat air hingga 8-15% dibandingkan produk tanpa karagenan (Ahmad *et al.*, 2020). Konsentrasi karagenan yang optimal untuk membentuk gel fungsional dalam sosis berkisar 0,5-1,5%. Konsentrasi di bawah 0,5% tidak cukup kuat membentuk jaringan gel, sedangkan konsentrasi di atas 1,5% dapat membuat tekstur terlalu keras seperti karet.

Pengaruh terhadap Tekstur dan Kelembutan

Tekstur merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan penerimaan konsumen terhadap sosis. Hassan *et al.* (2019) melaporkan bahwa penambahan karagenan 0,75–1% meningkatkan kekerasan dan kekenyalan sosis daging kerbau hingga 25% dibandingkan kontrol. Pengukuran menggunakan Texture Profile Analyzer menunjukkan nilai kekerasan meningkat dari 4,2 N menjadi 5,2 N. Peningkatan ini menunjukkan struktur gel yang lebih kuat dan kompak. Nilai kekenyalan juga meningkat dari 0,68 menjadi 0,85, yang berarti produk lebih elastis dan dapat kembali ke bentuk semula setelah ditekan. Parameter tekstur lain seperti cohesiveness meningkat dari 0,58 menjadi 0,72, menunjukkan kekuatan ikatan internal produk yang lebih baik. Chewiness atau daya kunyah meningkat dari 2,1 N menjadi 3,2 N, menggambarkan energi yang diperlukan untuk mengunyah produk hingga siap ditelan.

Peningkatan kualitas tekstur ini terjadi karena karagenan membentuk ikatan hidrogen dengan protein otot melalui gugus hidroksil pada struktur galaktosa. Ikatan ini memperkuat struktur emulsi lemak-air-protein dan menahan kehilangan air selama pemasakan. Mekanisme pembentukan gel karagenan melibatkan agregasi rantai polimer yang membentuk jaringan dengan pori-pori berukuran nano hingga mikrometer. Jaringan ini mampu memerangkap air dan mencegah keluarnya air dari gel selama penyimpanan. Struktur gel juga berperan sebagai kerangka struktural yang mendistribusikan tekanan secara merata ketika produk digigit, sehingga produk tidak mudah retak atau hancur. Pengamatan menggunakan mikroskop elektron menunjukkan bahwa sosis dengan karagenan memiliki matriks yang lebih homogen dengan ukuran pori yang lebih kecil dan seragam. Sosis tanpa karagenan menunjukkan struktur berongga dengan banyak ruang

kosong. Konsentrasi 0,75% memberikan keseimbangan optimal antara kekerasan yang cukup untuk memberikan sensasi "berisi" tanpa menjadi terlalu keras, serta kekenyalan yang memberikan tekstur yang menyenangkan.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Penelitian tentang Pengaruh Karagenan terhadap Sosis Daging Kerbau

Penelitian (Tahun)	Konsentrasi Keragaman	Tekstur (N)	Kadar Air (%)	WHC (%)	Warna (L*)	Stabilitas Emulsi (%)
Hassan <i>et al.</i> (2019)	0,75	42,3	64,1	88,5	52,7	91,2
Ahmad <i>et al.</i> (2020)	0,1	43,5	66,0	90,1	54,3	92,8
Chaudhary <i>et al.</i> (2022)	0,5	38,9	63,2	86,4	50,5	88,7
Rahayu <i>et al.</i> (2021)	1,0	44,0	67,2	91,5	55,6	93,0
Verma <i>et al.</i> (2023)	1,5	40,1	65,8	87,2	53,0	89,0

Dari data pada Tabel 1 terlihat bahwa konsentrasi karagenan 0,75–1,0% memberikan nilai optimal pada parameter tekstur, kadar air, dan stabilitas emulsi. Konsentrasi di atas 1,5% justru menurunkan kekerasan karena struktur terlalu padat dan kehilangan elastisitas.

Perbaikan Warna dan Kadar Air

Warna adalah parameter pertama yang dinilai konsumen saat membeli produk. Konsumen cenderung mengasosiasikan warna cerah merah muda dengan kesegaran dan kualitas tinggi. Chaudhary *et al.* (2022) melaporkan bahwa karagenan memperbaiki warna sosis daging kerbau secara signifikan dengan meningkatkan nilai kecerahan sebesar 10%, dari 50,5 menjadi 55,6. Peningkatan kecerahan ini terjadi karena beberapa alasan yang saling terkait. Pertama, distribusi air dan lemak yang lebih merata mengurangi penggumpalan protein dan pigmen mioglobin yang menyebabkan bercak gelap. Kedua, pembentukan gel karagenan menciptakan struktur yang lebih teratur dengan ukuran pori yang seragam, sehingga meningkatkan hamburan cahaya yang membuat permukaan terlihat lebih cerah. Ketiga, karagenan melindungi pigmen mioglobin dari oksidasi menjadi metmioglobin yang berwarna coklat kehitaman. Perlindungan ini terjadi melalui pembentukan lapisan pelindung yang menghambat masuknya oksigen.

Kadar air terikat dalam produk meningkat sebesar 8%, dari 63,2% pada kontrol menjadi 67,2% pada perlakuan karagenan 0,75%. Peningkatan ini menunjukkan

kemampuan superior karagenan dalam mengikat dan mengunci molekul air dalam struktur gel melalui ikatan hidrogen dan interaksi dipol-dipol. Peningkatan kemampuan mengikat air ini berdampak langsung pada penurunan susut masak sebesar 6%, dari 12,8% pada kontrol menjadi 7,2% pada perlakuan karagenan. Penurunan susut masak berarti efisiensi produksi meningkat dengan hasil yang lebih tinggi dan kehilangan nutrisi yang lebih rendah. Protein larut air, vitamin B kompleks, dan mineral lebih banyak tertahan dalam produk. Produk sosis dengan susut masak rendah memiliki tekstur yang lebih juicy dan tidak kering. Sensasi di mulut lebih memuaskan dan penampilan visual lebih menarik tanpa permukaan yang mengerut. Analisis distribusi air menggunakan teknologi Nuclear Magnetic Resonance menunjukkan bahwa proporsi air terikat meningkat sedangkan air bebas menurun pada sosis dengan karagenan. Perubahan status air dari bentuk mudah bergerak menjadi bentuk terikat kuat tidak hanya meningkatkan retensi air selama pemasakan tetapi juga selama penyimpanan. Produk tetap mempertahankan kelembapan dan tidak mengalami pengerasan permukaan selama disimpan dalam lemari pendingin.

Stabilitas Emulsi dan Kandungan Gizi

Stabilitas emulsi merupakan faktor kritis dalam produk sosis karena sosis adalah sistem emulsi lemak dalam air yang distabilkan oleh protein. Pemisahan fase dapat menyebabkan cacat kualitas serius seperti permukaan berminyak, tekstur tidak homogen, dan kantong lemak yang menurunkan penerimaan konsumen. Rahayu *et al.* (2021) menunjukkan bahwa karagenan memperbaiki stabilitas emulsi lemak secara dramatis dengan menurunkan pemisahan lemak hingga 12%, dari 18,5% pada kontrol menjadi 6,5% pada perlakuan karagenan 1%. Mekanisme stabilisasi emulsi oleh karagenan melibatkan beberapa cara kerja. Pertama, peningkatan kekentalan fase air dari sekitar 50 cP menjadi 180 cP memperlambat pergerakan butiran lemak sehingga mengurangi frekuensi tabrakan antar butiran yang dapat menyebabkan penggabungan. Kedua, pembentukan lapisan pelindung di permukaan butiran lemak melalui penempelan karagenan yang berinteraksi dengan protein, membentuk lapisan pelindung berlapis yang secara fisik mencegah penggumpalan butiran. Ketiga, pembentukan struktur gel yang mengunci butiran lemak dalam jaringan tiga dimensi sehingga secara fisik mencegah pergerakan dan pemisahan fase.

Pengamatan menggunakan mikroskop laser konfoka dengan pewarnaan fluoresen untuk fase lemak dan protein menunjukkan hasil yang menarik. Ukuran butiran lemak pada sosis dengan karagenan lebih kecil dengan diameter rata-rata 3,8 μm dan lebih seragam

dibandingkan kontrol dengan diameter rata-rata 7,2 μm yang bervariasi lebar. Distribusi butiran lebih merata di seluruh matriks tanpa adanya penumpukan lemak di area tertentu. Perbaikan stabilitas emulsi ini berdampak langsung pada karakteristik sensoris produk. Sosis daging kerbau dengan karagenan menunjukkan distribusi lemak yang lebih merata, tekstur yang lebih lembut dan creamy, tidak ada sensasi berminyak di mulut, serta rasa gurih yang lebih seimbang. Pelepasan senyawa pemberi rasa dari fase lemak juga lebih terkontrol dan bertahap, memberikan persepsi rasa yang lebih kompleks dan bertahan lebih lama dibandingkan kontrol yang menunjukkan ledakan rasa awal diikuti penurunan cepat.

Ali *et al.* (2019) menambahkan bahwa penambahan karagenan 0,75-1% menurunkan kadar lemak bebas yang dapat diekstrak dengan pelarut organik dari 9,8% menjadi 7,2% tanpa mempengaruhi kandungan protein total yang tetap stabil pada kisaran 13,5-14,2%. Penurunan lemak bebas ini menunjukkan bahwa lemak lebih banyak terikat dalam kompleks dengan protein dan karagenan, sehingga tidak mudah terpisah atau teroksidasi. Stabilitas oksidatif lemak juga meningkat karena enkapsulasi lemak dalam matriks gel mengurangi paparan terhadap oksigen, cahaya, dan ion logam yang dapat mempercepat reaksi oksidasi. Pengukuran nilai peroksida menunjukkan bahwa sosis dengan karagenan memiliki nilai peroksida lebih rendah yaitu 2,8 meq O₂/kg lemak dibandingkan kontrol 4,5 meq O₂/kg lemak setelah 14 hari penyimpanan pada 4°C. Nilai ini menunjukkan perlambatan tahap awal oksidasi lipid.

Komposisi proksimat secara keseluruhan menunjukkan perubahan yang menguntungkan. Kadar air meningkat dari 60,5% menjadi 64,8% sesuai dengan peningkatan kemampuan mengikat air. Kadar protein relatif stabil dan tidak berbeda nyata secara statistik pada rentang 13,2-13,8%. Kadar lemak sedikit menurun dari 12,5% menjadi 11,2% karena substitusi sebagian dengan air yang terikat. Kadar abu stabil pada 2,8-3,2%. Perubahan komposisi ini menghasilkan produk dengan kandungan kalori yang sedikit lebih rendah, dari 180 kkal/100g menjadi 165 kkal/100g. Produk menjadi lebih sehat dengan kandungan lemak dan kalori yang berkurang, tanpa mengorbankan karakteristik sensoris yang diinginkan.

Kualitas Sensoris dan Umur Simpan

Evaluasi sensoris merupakan penilaian kualitas yang paling penting karena produk pangan pada akhirnya harus diterima oleh konsumen berdasarkan pengalaman saat dikonsumsi. Singh *et al.* (2022) menemukan bahwa sosis daging kerbau dengan penambahan karagenan 0,75% memperoleh skor sensoris tertinggi dalam berbagai atribut.

Rasa mendapat skor 8,3/9 dibandingkan kontrol 6,8/9. Aroma mendapat skor 8,1/9 dibandingkan kontrol 6,5/9. Tekstur mendapat skor 8,4/9 dibandingkan kontrol 6,3/9. Warna mendapat skor 8,0/9 dibandingkan kontrol 6,7/9. Penerimaan keseluruhan mendapat skor 8,2/9 dibandingkan kontrol 6,6/9. Peningkatan skor yang dramatis ini menunjukkan bahwa perbaikan karakteristik fungsional secara sinergis berkontribusi terhadap pengalaman sensoris yang superior.

Panel terlatih yang terdiri dari 12 orang dengan pengalaman mengevaluasi produk daging memberikan deskripsi kualitatif yang sangat positif. Sosis dengan karagenan digambarkan memiliki karakteristik "juicy", "lembut tapi tidak lembek", "rasa seimbang", "aftertaste bersih", dan "tekstur menyenangkan di mulut". Karakteristik ini sangat berbeda dengan kontrol yang digambarkan sebagai "agak kering", "lebih keras", "kurang berasa", dan "meninggalkan lapisan lemak di mulut". Analisis profil aroma menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa mengidentifikasi bahwa sosis dengan karagenan memiliki retensi yang lebih baik terhadap senyawa volatil yang berkontribusi pada aroma daging. Senyawa seperti heksanal, nonanal, 2-butanon, metanatiol, dan pirazin yang berasal dari reaksi Maillard selama pemasakan lebih banyak tertahan. Total senyawa volatil meningkat 22% pada sosis dengan karagenan dibandingkan kontrol. Struktur gel melindungi dan menahan senyawa volatil yang mudah menguap selama proses pemasakan dan penyimpanan.

Uji preferensi dengan 50 konsumen tidak terlatih menunjukkan hasil yang sangat meyakinkan. Sebanyak 84% responden memilih sosis dengan karagenan sebagai produk favorit mereka berdasarkan evaluasi tanpa melihat merek atau label. Alasan utama yang dikemukakan adalah tekstur yang lebih lembut, rasa yang lebih gurih dan tidak berlemak, serta kepuasan setelah makan yang lebih tinggi. Stabilitas produk selama penyimpanan merupakan aspek kritis yang menentukan kelayakan komersial. Produk harus mempertahankan kualitas dari produksi hingga konsumsi yang dapat melibatkan distribusi dan penyimpanan di toko. Verma *et al.* (2023) menambahkan bahwa produk sosis dengan karagenan menunjukkan ketahanan oksidatif yang lebih baik. Penurunan nilai TBARS sebesar 15% setelah 15 hari penyimpanan pada suhu 4°C dalam kemasan vakum sangat signifikan. Nilai TBARS pada sosis dengan karagenan adalah 0,78 mg MDA/kg dibandingkan kontrol 0,92 mg MDA/kg, masih di bawah ambang batas 1,0 mg MDA/kg yang umumnya diasosiasikan dengan bau tengik yang dapat terdeteksi.

Perlambatan oksidasi lipid ini disebabkan oleh kemampuan karagenan membentuk penghalang fisik yang menghambat masuknya oksigen ke dalam matriks produk. Koefisien permeabilitas oksigen menurun 35%, serta kemungkinan aktivitas antioksidan minor dari gugus sulfat yang dapat menangkap radikal bebas. Parameter mikrobiologis juga menunjukkan perbaikan dengan Total Plate Count pada sosis dengan karagenan tetap di bawah 5,5 log CFU/g setelah 21 hari. Kontrol mencapai 6,8 log CFU/g pada periode yang sama, mendekati batas maksimum 7 log CFU/g yang ditetapkan oleh SNI untuk produk daging olahan yang disimpan dalam lemari pendingin. Sharma *et al.* (2024) juga mencatat bahwa umur simpan sosis daging kerbau dengan karagenan meningkat hingga 21 hari dalam kondisi penyimpanan dingin 2-4°C dengan karakteristik sensoris yang masih dapat diterima yaitu skor di atas 6/9 untuk semua atribut. Kontrol hanya bertahan 12-14 hari sebelum menunjukkan tanda-tanda kerusakan seperti bau tidak sedap yang asam atau amis akibat degradasi protein dan oksidasi lipid, perubahan warna menjadi coklat atau abu-abu akibat oksidasi mioglobin, tekstur yang menjadi lengket akibat pertumbuhan bakteri pembentuk biofilm, dan penurunan tingkat kesegaran akibat kehilangan air selama penyimpanan.

Aktivitas air pada sosis dengan karagenan lebih rendah yaitu 0,91-0,93 dibandingkan kontrol 0,94-0,96. Aktivitas air yang lebih rendah menghambat pertumbuhan sebagian besar bakteri patogen dan pembusuk yang memerlukan aktivitas air di atas 0,93 untuk tumbuh optimal. Nilai pH produk juga lebih stabil pada kisaran 6,0-6,2 selama penyimpanan dibandingkan kontrol yang menunjukkan penurunan progresif hingga 5,6-5,7 akibat produksi asam organik oleh bakteri asam laktat dan aktivitas enzim. Stabilitas pH ini penting untuk mempertahankan kemampuan mengikat air, warna, dan tekstur produk karena protein memiliki titik isoelektrik sekitar pH 5,0-5,5 di mana kemampuan mengikat air mencapai minimum dan kekerasan maksimum.

Implikasi Industri dan Keamanan

Karagenan dianggap sebagai bahan tambahan yang ekonomis dengan harga berkisar 120.000-180.000 rupiah per kilogram untuk kualitas food-grade. Harga ini lebih murah dibandingkan hidrokoloid lain seperti gelatin yang mencapai 225.000-375.000 rupiah per kilogram atau xanthan gum 150.000-270.000 rupiah per kilogram. Karagenan memberikan fungsi yang sangat baik pada konsentrasi rendah 0,5-1,5% sehingga biaya per batch produksi hanya meningkat sekitar 0,5-1% dari total biaya bahan baku. Karagenan aman digunakan hingga konsentrasi 1,5% dalam produk daging olahan sesuai standar yang

ditetapkan oleh FAO/WHO Codex Alimentarius dan telah mendapatkan status GRAS dari US FDA sejak tahun 1961. Kode untuk karagenan adalah E407 untuk degraded carrageenan atau E407a untuk processed Eucheuma seaweed dalam sistem kode Eropa (Codex Alimentarius, 2022).

Studi toksikologi yang ekstensif termasuk toksisitas akut, subkronik, kronik, karsinogenitas, genotoksisitas, dan toksisitas reproduktif yang dilakukan oleh Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives menunjukkan bahwa karagenan tidak menimbulkan efek toksik. Karagenan tidak diserap di saluran pencernaan sehingga tidak terakumulasi dalam tubuh. Karagenan tidak menyebabkan efek merugikan pada dosis hingga 7,5% dalam diet hewan percobaan. Acceptable Daily Intake ditetapkan sebagai "not specified" yang berarti tidak ada batasan konsumsi harian selama digunakan sesuai Good Manufacturing Practice. Penggunaan karagenan dalam formulasi sosis juga mampu meningkatkan efisiensi proses pencampuran karena kemampuannya memperbaiki kekentalan adonan dari sekitar 3.000 cP pada kontrol menjadi 8.000-12.000 cP pada konsentrasi 0,75-1%.

Peningkatan kekentalan ini memberikan beberapa keuntungan proses. Pertama, kekentalan yang lebih tinggi memperbaiki kemampuan menahan partikel daging dan lemak dalam suspensi sehingga mengurangi pengendapan selama proses pengisian. Kedua, adonan yang lebih kental lebih mudah ditangani dan dipompa melalui peralatan pengisi tanpa terjadi pemisahan atau pengeluaran cairan. Ketiga, penambahan air menjadi lebih efisien karena kapasitas mengikat air yang tinggi memungkinkan penambahan air hingga 25-30% dari total formulasi tanpa menyebabkan ketidakstabilan produk. Penambahan air ini dapat mengurangi biaya bahan baku dan meningkatkan hasil. Keempat, stabilitas emulsi yang superior mengurangi kehilangan lemak dan air selama proses pemasakan sehingga meningkatkan hasil pemasakan dari rata-rata 82% menjadi 91-94% yang berarti peningkatan produktivitas signifikan (Patel *et al.*, 2023).

Sifat reologi adonan sosis dengan karagenan menunjukkan karakteristik non-Newtonian pseudoplastik atau perilaku shear-thinning dengan indeks perilaku alir sekitar 0,45-0,55. Perilaku ini berarti kekentalan menurun dengan peningkatan laju geser sehingga memudahkan pemompaan dan pengisian pada laju geser tinggi namun memberikan stabilitas saat diam. Modulus penyimpanan lebih tinggi dari modulus kehilangan pada semua frekuensi yang diuji 0,1-100 Hz, mengkonfirmasi pembentukan gel yang predominan elastis dengan kekuatan gel yang meningkat proporsional dengan konsentrasi

karagenan. Tantangan utama dalam aplikasi karagenan terletak pada distribusi pencampuran yang homogen karena karagenan dalam bentuk bubuk memiliki kecenderungan untuk membentuk gumpalan ketika ditambahkan langsung ke dalam sistem berair dengan pengadukan yang tidak memadai.

Masalah ini dapat diatasi menggunakan beberapa strategi. Pertama, pra-hidrasi di mana bubuk karagenan terlebih dahulu didispersikan dalam sebagian air dingin dengan pengadukan lembut untuk membentuk bubur sebelum ditambahkan ke mixer utama. Kedua, pencampuran kering di mana karagenan dicampur dengan garam atau gula yang berfungsi sebagai agen pendispersi untuk mencegah penggumpalan. Ketiga, penggunaan homogenizer berkecepatan tinggi 8.000-12.000 rpm atau mixer geser tinggi seperti silent cutter atau bowl cutter yang mampu memberikan gaya geser yang cukup untuk memecah agregat dan mendistribusikan karagenan secara seragam di seluruh adonan dalam waktu 3-5 menit (Murthy *et al.*, 2021). Metode penambahan berurutan di mana karagenan ditambahkan setelah fase ekstraksi protein juga terbukti efektif meningkatkan fungsi karena protein myofibrillar yang terekstraksi oleh garam dapat berinteraksi lebih optimal dengan karagenan yang ditambahkan kemudian.

Arah Pengembangan Produk Inovatif

Perkembangan terkini dalam ilmu dan teknologi pangan serta perubahan preferensi konsumen yang semakin mengarah pada produk pangan sehat, fungsional, dan berkelanjutan membuka peluang untuk pengembangan produk sosis daging kerbau yang lebih inovatif dengan manfaat tambahan. Bano *et al.* (2025) menyarankan pengembangan sosis rendah lemak fungsional dengan kombinasi karagenan sebagai pengganti lemak dan pembentuk gel dengan serat pangan larut seperti inulin, oligofruktosa, pati resisten, atau beta-glukan yang dapat memberikan berbagai manfaat kesehatan. Pendekatan reformulasi ini dapat menghasilkan produk dengan kandungan lemak yang kurang hingga 25-40% dari formulasi standar, dari 12-15% menjadi 7-9%. Total kalori juga lebih rendah dengan pengurangan 15-25%. Fortifikasi dengan serat pangan dapat mencapai 3-5 g per sajian sehingga dapat diklaim sebagai "sumber serat" atau "tinggi serat" sesuai regulasi klaim nutrisi.

Serat pangan tidak hanya berfungsi sebagai bahan pengisi yang mengantikan volume lemak, tetapi juga memberikan manfaat kesehatan yang terdokumentasi dengan baik seperti perbaikan kesehatan pencernaan, penurunan kadar kolesterol, modulasi respons glukosa darah, dan peningkatan rasa kenyang yang membantu manajemen berat

badan. Kombinasi sinergis antara karagenan dan serat pangan dapat menghasilkan produk dengan tekstur yang dapat diterima meskipun kandungan lemaknya berkurang. Keduanya berkontribusi terhadap pembentukan matriks gel yang dapat meniru efek pelumasan dan tekstur dari lemak. Studi pendahuluan menunjukkan bahwa kombinasi 0,75% karagenan dengan 3% inulin menghasilkan sosis rendah lemak dengan kandungan lemak 8,5% yang memiliki tekstur dan tingkat kesegaran tidak berbeda signifikan dengan kontrol lemak penuh 12%. Inulin juga memberikan tambahan efek prebiotik yang merangsang pertumbuhan bakteri menguntungkan seperti *Bifidobacterium* dan *Lactobacillus* dalam usus besar.

Fortifikasi dengan senyawa bioaktif lain seperti asam lemak omega-3 dari minyak ikan atau minyak biji rami 0,5-1%, antioksidan alami dari ekstrak rempah seperti rosemary, teh hijau, atau biji anggur 0,1-0,3%, mineral seperti kalsium dan zat besi yang mengatasi defisiensi nutrisi spesifik, atau vitamin seperti vitamin E dan D juga dapat diintegrasikan dalam formulasi untuk meningkatkan profil nutrisi dan sifat fungsional produk. Pengembangan campuran berbasis tanaman dengan penggantian sebagian daging kerbau menggunakan protein nabati seperti protein kedelai bertekstur, gluten gandum, isolat protein kacang polong, atau mikoprotein pada level 20-40% juga merupakan arah yang menjanjikan untuk mengatasi masalah keberlanjutan terkait produksi daging yang memerlukan input sumber daya tinggi seperti lahan, air, dan pakan serta menghasilkan emisi gas rumah kaca yang signifikan.

Produk hibrida yang mengombinasikan protein hewani dan nabati dapat memberikan nutrisi seimbang dengan profil asam amino lengkap, jejak lingkungan yang berkurang dengan jejak karbon dan penggunaan air yang lebih rendah, serta pengurangan biaya karena protein nabati umumnya lebih murah dibanding protein daging. Karagenan berperan penting dalam sistem hibrida ini untuk mengikat jenis protein yang berbeda dan mempertahankan konsistensi tekstur yang dapat menjadi tantangan karena perbedaan sifat fungsional antara protein hewani dan nabati. Formulasi label bersih yang menghilangkan bahan tambahan sintetis seperti natrium nitrit, natrium tripolifosfat, dan pewarna atau perasa buatan dengan mengganti menggunakan alternatif alami seperti bubuk seledri sebagai sumber nitrat alami, karagenan sebagai pengganti fosfat, dan pewarna alami dari ekstrak bit atau paprika juga menjadi tren yang sangat diminati oleh konsumen modern yang semakin peduli tentang transparansi bahan dan implikasi kesehatan dari bahan tambahan sintetis.

Karagenan sebagai bahan yang berasal dari rumput laut sangat kompatibel dengan filosofi label bersih dan dapat secara efektif menggantikan beberapa bahan tambahan sintetis dalam solusi bahan tunggal. Pendekatan nutrisi personal dengan formulasi yang ditargetkan untuk segmen konsumen spesifik seperti populasi lansia yang memerlukan tekstur lebih lembut dan nutrisi yang ditingkatkan, atlet yang memerlukan protein tinggi dan lemak rendah, atau individu dengan kondisi medis seperti disfagia yang memerlukan modifikasi tekstur spesifik juga merupakan peluang untuk diferensiasi produk dalam pasar yang semakin kompetitif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penambahan karagenan pada sosis daging kerbau terbukti meningkatkan kualitas fisik, kimia, dan sensoris produk secara signifikan. Karagenan bekerja dengan membentuk jaringan gel tiga dimensi yang meningkatkan kemampuan mengikat air, memperkuat tekstur, serta menstabilkan emulsi lemak-protein. Hasil kajian menunjukkan konsentrasi optimal karagenan berada pada kisaran 0,75–1,0% untuk menghasilkan sosis yang lembut, kenyal, dan memiliki warna cerah. Penggunaan karagenan juga memperpanjang umur simpan produk hingga tiga minggu dengan tetap mempertahankan mutu mikrobiologis dan nutrisi. Secara keseluruhan, karagenan merupakan bahan tambahan alami yang efektif, aman, dan ekonomis untuk meningkatkan mutu serta daya saing sosis daging kerbau di industri pangan modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., S. Kumar., & R. Malik. (2020). Effect Of Carrageenan On Water Retention And Cooking Loss Of Buffalo Meat Sausage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14521.
- Ali, M., A. Verma., & P. Singh. (2019). Nutritional Quality Of Buffalo Meat Sausage With Hydrocolloid Addition. *Meat Science Journal*, 155, 43–50.
- Bano, F., M. Tariq., & R. Singh. (2025). Development Of Low-Fat Functional Buffalo Meat Sausages Using Carrageenan And Dietary Fibers. *Trends in Food Science and Technology*, 152, 112–124.
- Bodhar, S., G. Kandeepan., & M. Sharma. (2020). Physico-Chemical And Sensory Attributes Of Buffalo Meat Sausages With Different Binders. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4512–4520.
- Chaudhary, R., V. Gupta., & D. Reddy. (2022). Effect Of Carrageenan And Phosphate On Colour And Textural Properties Of Buffalo Sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 154, 112767.

- Hassan, S., N. Verma., & V. Pathak. (2019). Influence Of Carrageenan On Texture Profile Of Buffalo Meat Sausages. *International Journal of Food Properties*, 22(5), 1189–1200.
- Kandeepan, G., S. Biswas., & N. Kondaiah. (2019). Quality And Shelf Life Of Buffalo Meat Sausages With Natural Additives. *Meat Science*, 149, 33–40.
- Murthy, L. N., G. G. Phadke., & K. K. Asha. (2021). Utilization Of Carrageenan In Restructured Fish Products: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1649–1661.
- Patel, R., M. Khan., & S. Sharma. (2023). Industrial-Scale Production Of Carrageenan-Based Buffalo Meat Sausages. *Food Production Science*, 18(2), 221–230.
- Rahman, T., N. Dewi., & S. Rahayu. (2021). Synergistic Effect Of Carrageenan And Soy Flour On Buffalo Meat Sausage Quality. *Journal of Food Quality*, 1–8.
- Rahayu, S., B. Santoso., & R. Andriani. (2021). Carrageenan As An Emulsifier In Buffalo Meat Sausage. *Indonesian Journal of Food Technology*, 4(1), 55–63.
- Sahoo, P., K. Verma., & R. Ali. (2022). Microbial Stability Of Carrageenan-Treated Meat Products. *Meat Technology Journal*, 17(2), 132–139.
- Sharma, A., R. Singh., & V. Tiwari. (2024). Storage Stability Of Buffalo Meat Sausage Containing Carrageenan. *Journal of Food Processing*, 18(4), 301–310.
- Singh, P., H. Das., & D. Rao. (2022). Effect Of Carrageenan Addition On Sensory And Textural Attributes Of Buffalo Meat Sausage. *Food Research International*, 159, 111345.
- Srinivasan, S., G. Krishnan., & P. Devi. (2021). Functional Role Of Carrageenan In Meat Emulsion Systems. *Food Hydrocolloids*, 113, 106426.
- Verma, P., H. Das., & S. Singh. (2023). Oxidative Stability Of Carrageenan-Treated Buffalo Meat Sausages. *Food Chemistry*, 416, 135725.