

PROFILING SENYAWA VOLATIL DAGING SAPI DENGAN BERBAGAI PENGOLAHAN MENGGUNAKAN METODE *HEADSPACE*-GC/MS

Profiling of Volatile Compounds in Beef with Various Processing Methods Using the Headspace GC/MS

Lia Amalia^{1a}, Riyani², Sri Widowati³, Aji Jumiono², Mardiah²

¹Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Ilmu Pangan Halal – Universitas Djuanda

²Magister Teknologi Pangan - Universitas Djuanda

³Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

^aKorespondensi : Lia Amalia, E-mail: lia.amalia@unida.ac.id

Diterima: 21 – 02 – 2026, Disetujui: 07 – 03 - 2026

ABSTRACT

The profile of volatile compounds is important for understanding the aroma characteristics of beef and for supporting the authentication of beef-based products. This study aimed to investigate the volatile compound profile of beef processed by boiling, frying, and roasting using the Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) method. Thigh meat samples from five different cattle were subjected to three heating methods: boiling, frying, and roasting. The samples were analyzed based on retention time and peak area to determine the types and abundance of volatile compounds. The results showed that boiled beef produced 90 volatile compounds, fried beef 58 compounds, and roasted beef 56 compounds. The identified volatile compounds included aldehydes, ketones, carboxylic acids, alcohols, esters, aromatic hydrocarbons, sulfur compounds, alkanes, terpenoids, amides, and amines. Boiling was dominated by compounds derived from mild lipid oxidation, particularly aldehydes. Frying was characterized by more intensive Maillard reactions, leading to increased formation of ketones, aromatic hydrocarbons, and sulfur compounds. Roasting promoted advanced Maillard reactions and Strecker degradation, resulting in the formation of amines, carboxylic acids, and aromatic hydrocarbons.

Keywords: Authentication, beef, volatile compounds, volatilomics.

ABSTRAK

Profil senyawa volatil penting untuk memahami karakteristik aroma daging sapi serta mendukung autentikasi produk berbasis daging sapi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji profil senyawa volatil daging sapi yang diolah melalui perebusan, penggorengan, dan pemanggangan menggunakan metode *Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (HS-GC/MS). Sampel daging paha dari lima ekor sapi berbeda diproses dengan tiga metode pemanasan yaitu perebusan, penggorengan, dan pemanggangan. Sampel kemudian dianalisis berdasarkan waktu retensi dan luas area puncak untuk menentukan jenis dan kelimpahan senyawa volatil. Hasil menunjukkan bahwa daging sapi rebus menghasilkan 90 senyawa volatil, daging sapi goreng sebanyak 58 senyawa, dan daging sapi panggang 56 senyawa. Senyawa volatil yang teridentifikasi yaitu aldehida, keton, asam karboksilat, alkohol, ester, hidrokarbon aromatik, sulfur, alkana, terpenoid, amida, dan amina. Perebusan didominasi oleh senyawa hasil oksidasi lipid ringan yaitu aldehida. Penggorengan didominasi reaksi Maillard yang lebih intensif yang meningkatkan senyawa keton, hidrokarbon aromatik, dan senyawa sulfur. Pemanggangan memicu reaksi Maillard lanjutan serta degradasi Strecker menghasilkan senyawa amina, asam karboksilat dan hidrokarbon aromatik.

Kata kunci: Autentikasi, daging sapi, senyawa volatil, volatilomik.

PENDAHULUAN

Profiling senyawa volatil merupakan pendekatan penting dalam memahami karakteristik aroma dan cita rasa daging. Aroma daging sangat dipengaruhi oleh komposisi senyawa volatil yang terbentuk selama proses pengolahan, seperti perebusan, penggorengan, dan pemanggangan. Pada daging sapi, pembentukan senyawa volatil terutama berasal dari reaksi kimia kompleks seperti reaksi Maillard, degradasi Strecker, oksidasi lipid, serta degradasi termal asam amino dan tiamin (Kosowska *et al.*, 2017). Perbedaan suhu, waktu, dan metode pemanasan akan menghasilkan variasi jenis serta konsentrasi senyawa volatil, sehingga profil aroma yang dihasilkan pada tiap metode pengolahan menjadi berbeda (You *et al.*, 2025).

Daging sapi (*Bos taurus*) merupakan salah satu sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi dan memiliki karakteristik rasa yang khas. Masyarakat umumnya mengolah daging sapi dengan cara direbus, digoreng, dan dipanggang menjadi berbagai jenis makanan. Proses perebusan umumnya berlangsung pada suhu sekitar 100°C dengan media air, sehingga cenderung menghasilkan senyawa volatil dari oksidasi lipid ringan dan degradasi protein yang larut air (Sohail *et al.*, 2022). Sementara itu, penggorengan dan pemanggangan menggunakan suhu lebih tinggi yang memicu intensitas reaksi Maillard sehingga menghasilkan senyawa seperti aldehida, keton, alkohol, hidrokarbon, senyawa sulfur, dan heterosiklik aromatik yang berkontribusi besar terhadap aroma daging matang (Bai *et al.*, 2022).

Metode *Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (HS-GC/MS) banyak digunakan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa volatil daging karena memiliki sensitivitas tinggi, selektivitas yang baik, serta mampu memisahkan dan mengidentifikasi senyawa berdasarkan waktu retensi dan spektrum massa. Metode *headspace* dianggap paling efisien dan praktis dalam preparasi serta transfer sampel untuk analisis menggunakan GC/MS karena tidak memerlukan proses ekstraksi, pembersihan, dan pemekatan sampel yang memakan biaya dan waktu (Soria *et al.*, 2015). Metode *Headspace* untuk identifikasi senyawa volatil daging telah dilakukan pada penelitian daging babi (Lammers *et al.*, 2009), daging sapi mentah (Pavlidis *et al.*, 2019)

Profiling senyawa volatil daging sapi pada berbagai metode pengolahan menjadi penting tidak hanya untuk memahami pembentukan flavor, tetapi juga untuk tujuan autentikasi daging dan keamanan pangan. Untuk itu, tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh gambaran mengenai profil senyawa volatil daging sapi rebus, goreng, dan panggang.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024 sampai Oktober 2025. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lembaga Pengkajian Pangan, Obat-obatan, dan Makanan Majelis Ulama Indonesia (LPPOM MUI).

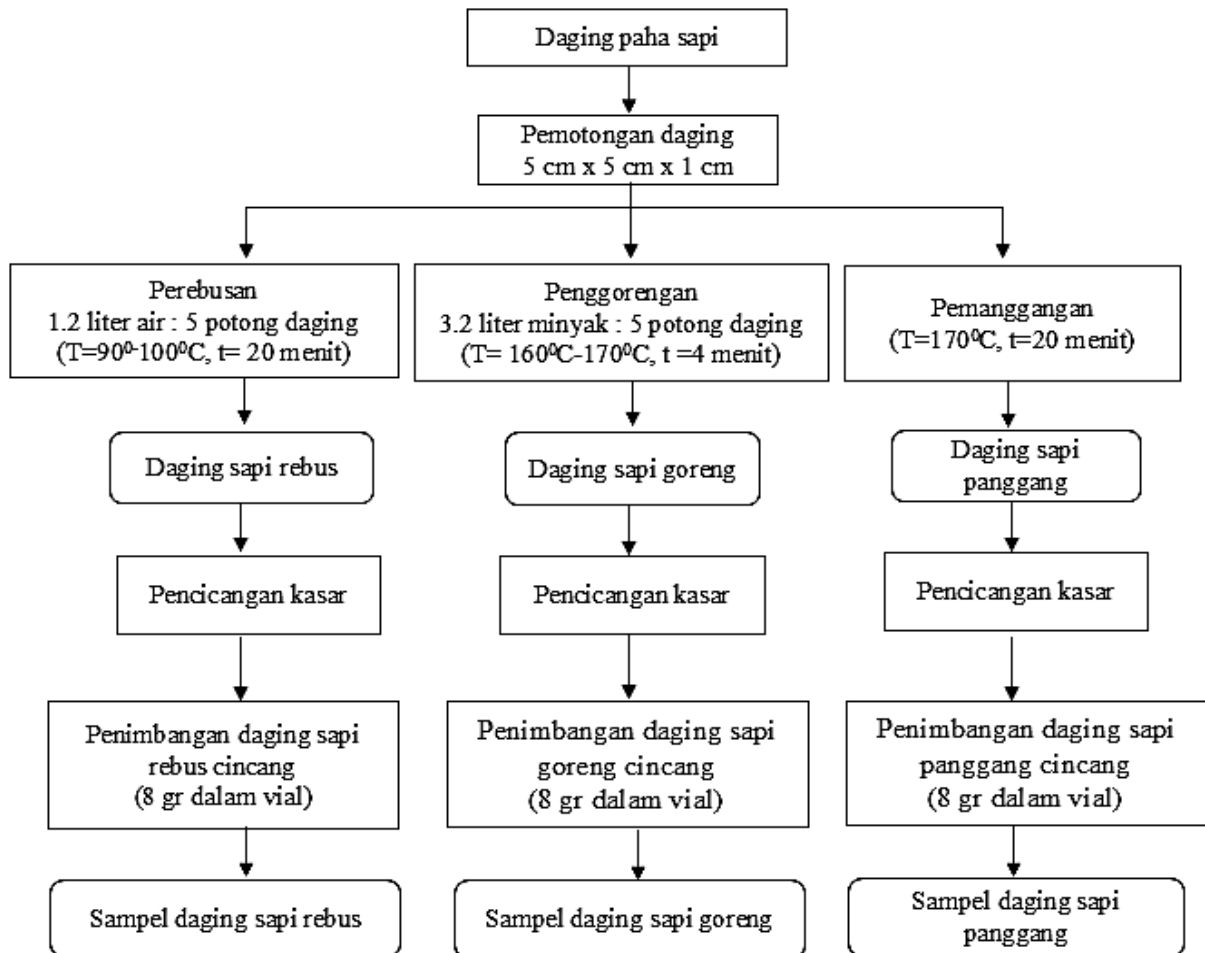
Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daging paha dari lima ekor sapi berbeda yang dibeli di Rumah Potong Hewan Bubulak Bogor. Bahan tambahan lain yang digunakan yaitu air, dan minyak goreng kemasan. Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry/Mass Spectrophotometry*) *Headspace Autosampler* merk Shimadzu, vial *headspace*, *crimper*, panci, wajan, oven, termometer, neraca kasar, spatula, sudip, telenan, pisau, sarung tangan latex, wadah kawat modifikasi untuk merebus dan menggoreng sampel.

Metode Penelitian

Persiapan Sampel

Teknik persiapan sampel yaitu pemotongan dan pengolahan daging sapi terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Teknik Persiapan Sampel (Amalia *et al.*, 2022)

Ekstraksi dan Analisis Senyawa Volatil

Sampel daging tiap perlakuan dimasukan dalam *Dynamic Headspace Autosampler* kemudian dihomogenisasi pada suhu 65°C selama 80 menit menggunakan gas helium sebagai gas pembawa dengan laju alir 1 mL/menit. Pemisahan senyawa dilakukan pada kolom kapiler polyethylene glycol (30 m × 0,25 mm; 0,25 μm). Program suhu oven dimulai pada 35°C selama 5 menit, kemudian dinaikkan hingga 250°C. Spektrometer massa dioperasikan dalam mode ionisasi elektron (EI) pada energi 70 eV dengan rentang pemindaian 29–350 m/z. Hasil GC/MS akan muncul dalam bentuk kromatogram, spektrum massa, dan tabel identifikasi senyawa yang selanjutnya digunakan untuk analisis profil senyawa volatil.

Teknik pengumpulan dan Analisis Data

Identifikasi senyawa volatil dilakukan dengan pencocokan spektrum massa terhadap pustaka NIST dan perhitungan *Linear Retention Index* (LRI).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Senyawa Volatil Daging Sapi dengan Berbagai Pengolahan

Profil senyawa volatil daging sapi yang diolah dengan cara perebusan, penggorengan, dan pemanggangan memiliki perbedaan dari segi jenis dan kuantitasnya. Menurut Amalia *et al.* (2025), proses pengolahan daging menghasilkan profil senyawa volatil yang berbeda. Hal ini disebabkan perlakuan panas akan memicu reaksi kimia yang berbeda sehingga menghasilkan senyawa volatil yang berbeda dan membentuk aroma yang berbeda pula. Profil senyawa volatil daging sapi rebus, goreng, dan panggang ditampilkan pada Tabel 1.

Senyawa volatil yang terdeteksi pada daging sapi rebus sebanyak 90 senyawa, pada daging sapi goreng sebanyak 58 senyawa, dan pada daging sapi panggang sebanyak 56 senyawa. Senyawa-senyawa tersebut termasuk dalam golongan aldehida, alkohol, keton, sulfur, ester, hidrokarbon aromatik, alkana, alkena, asam karboksilat, furan, terpenoid, amida, dan amina. Senyawa volatil golongan aldehida dan alkohol paling banyak ditemukan pada daging sapi rebus, goreng, dan panggang. Sejalan dengan penelitian sebelumnya, aldehida dan alkohol teridentifikasi paling dominan pada daging yang dimasak (Amalia *et al.*, 2025; Wojtasik-Kalinowska *et al.*, 2023). Aldehida dan alkohol selanjutnya akan meningkat selama proses pemasakan serta paling berperan pada aroma daging matang (Jung *et al.*, 2023; Sohail *et al.*, 2022).

Tabel 1. Profil senyawa volatil pada daging sapi rebus, goreng, dan panggang

Senyawa Volatil	Peak Area (x10 ⁴)		
	BB	FB	RB
Aldehida			
Hexanal	836	364	258
Nonanal	-	128	72
Butanal	13	3	2
Pentanal	279	-	57
Tetradecanal	5	-	3
Hexadecanal	51	22	71
Heptanal	33	23	4
Octanal	62	26	14
Butanal, 2-methyl-	79	26	1
Butanal, 3-methyl-	15	33	24
Propanal, 2-methyl-	76	40	-
Benzaldehyde	56	79	56
Keton			
Acetone	544	510	161
Acetoin	680	1134	479
Acetophenone	4	4	-
2-Butanone	656	209	1389
2-Pentanone	43	147	2
2-Heptanone	8	-	-
2,5-Octanedione	16	3	1
2-Hexanone, 5-methyl-	0,4	-	217
2-Propanone, 1-hydroxy-	5	0,7	-
Asam Karboksilat			
Acetic acid	631	560	1034
Propanoic acid	4	2	49
Hexanoic acid	6	-	2
Benzoic acid	73	58	37
Formic acid	43	48	57
Butanoic acid	5	9	7
Butanoic acid, 3-methyl-	4	-	1
Furan			
Furan, 2-pentyl-	16	5	13
Hidrokarbon aromatik			

Senyawa Volatil	Peak Area (x10 ⁴)		
	BB	FB	RB
p-Xylene	83	257	292
Naphthalene	3	5	4
Toluene	41	17	46
Benzene, 1,3-dimethyl-	28	-	-
o-Xylene	54	22	-
Ethylbenzene	169	706	638
Sulfur			
Dimethyl trisulfide	352	239	127
Disulfide, dimethyl	185	274	395
Carbon disulfide	91	364	172
Methanethiol	276	58	-
Dimethyl sulfone	14	3	1
Alkohol			
Ethanol	709	124	1420
1-Hexanol, 2-ethyl-	205	4	4
1-Hexanol	55	141	186
1-Octanol	142	15	0,7
1-Nonanol	37	4	8
1-Propanol	63	8	39
1-Pentanol	103	60	78
1-Heptanol	1	3	0,4
1-Dodecanol	2	0,5	-
2,3-Butanediol	74	79	316
1-Butanol, 3-methyl-	7	2	17
2,3-Butanediol, [R-(R*,R*)]-	17	-	-
Oxime-, methoxy-phenyl-	2	-	0,7
1-Octen-3-ol	65	21	50
Ester			
Formic acid, ethenyl ester	81	575	789
Carbonic acid, methyl nonyl ester	7	1	9
Butyrolactone	148	0,5	0,5
Alkana			
Octane	157	22	83
Hexadecane	1	82	3
Tetradecane	42	2	5
2,3-Butanedione	8	25	22
Dodecane	12	3	3
Heptadecane	1	0,5	1
Heneicosane	1	0,6	2
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	138	4	18
Undecane, 3-methyl-	2	2	5
Alkena			
Silane, methyl-	88	161	881
Siloksan			
Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	-	10	3
Cyclooctyl alcohol	2	-	5
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	3	1	0,7
Terpenoid			
D-Limonene	20	10	33
Amida			
Acetamide	9	6	2
Amina			
2-Propanamine, 1-methoxy-	1729	907	6141

Senyawa Volatil	Peak Area (x10 ⁴)		
	BB	FB	RB
1-Propanol, 2-amino-, (+/-)-	1113	308	-

Keterangan : BB= Daging sapi rebus, FB = Daging sapi goreng, RB = Daging sapi panggang

Pengolahan Perebusan

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan profil senyawa volatil pada perlakuan rebus, goreng, dan panggang. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh reaksi kimia yang terjadi selama proses pemasakan seperti suhu dan media pemasakan. Proses perebusan memicu terjadinya oksidasi lipid akibat reaksi antara asam lemak dengan oksigen pada suhu tinggi (You *et al.*, 2025). Oksidasi lipid menghasilkan senyawa volatil golongan aldehida, keton, alkohol, ester, hidrokarbon, dan asam yang berkontribusi pada aroma daging rebus (Kosowska *et al.*, 2017). Hexanal menjadi senyawa aldehida paling berkontribusi pada daging sapi rebus yang menghasilkan aroma lemak, sejalan dengan penelitian You *et al.* (2025). Perlakuan perebusan memiliki kandungan aldehida total paling banyak dibanding daging goreng dan daging panggang yang menunjukkan tingginya reaksi oksidasi lipid (Jung *et al.*, 2023). Dominasi aldehida pada perebusan menunjukkan bahwa reaksi oksidasi lipid lebih dominan dibanding reaksi Maillard saat proses perebusan. Senyawa 1-octen-3-ol, octanal, hexanal, dan heptanal memiliki kontribusi paling besar pada perlakuan perebusan dibandingkan penggorengan dan pemanggangan. Sejalan dengan penelitian sebelumnya, bahwa keempat senyawa tersebut merupakan senyawa penciri pada daging sapi rebus (You *et al.*, 2025).

Pengolahan Penggorengan

Proses penggorengan membentuk senyawa volatil melalui reaksi oksidasi lipid, reaksi Maillard, degradasi Strecker, dan interaksi hasil oksidasi lipid dengan reaksi Maillard akibat suhu tinggi serta kontak langsung dengan minyak (Kosowska *et al.*, 2017). Reaksi Maillard merupakan reaksi antara gula pereduksi dengan asam amino yang menghasilkan senyawa volatil golongan furan, heterosiklik nitrogen, dan sulfur yang berperan memberikan aroma daging goreng yang khas (Bai *et al.*, 2022). Laju reaksi Maillard akan semakin meningkat seiring meningkatnya suhu pemanasan. Proses penggorengan meningkatkan senyawa volatil golongan keton, hidrokarbon aromatik, dan senyawa sulfur dibandingkan perebusan. Senyawa Acetoin dari golongan keton memiliki luas area paling besar yang menunjukkan dominasi pada aroma daging sapi goreng.

Pengolahan Pemanggangan

Beberapa senyawa volatil memiliki luas area yang sangat tinggi pada perlakuan pemanggangan, terutama senyawa volatil golongan amina, asam karboksilat, dan hidrokarbon aromatik. Senyawa volatil yang terbentuk selama proses pemanggangan dihasilkan dari reaksi Maillard lanjutan, degradasi strecker, serta oksidasi lipid (Morsli *et al.*, 2025). Berbeda dengan perebusan, senyawa volatil pada daging panggang didominasi oleh senyawa nitrogen. Senyawa 2-Propanamine, 1-methoxy- golongan amina hasil reaksi Maillard dan degradasi Stecker pada suhu tinggi paling berkontribusi pada aroma daging panggang, diikuti senyawa Acetic acid, Ethanol, dan 2-Butanone. Pada proses pemanggangan menunjukkan dominasi senyawa hasil degradasi strecker serta reaksi oksidasi lipid dan Maillard lanjutan berupa amina, asam karboksilat dan hidrokarbon aromatik.

KESIMPULAN

Metode pengolahan berpengaruh terhadap profil senyawa volatil daging sapi. Senyawa volatil paling banyak teridentifikasi pada perlakuan perebusan sebanyak 90 senyawa. Aldehida dan alkohol merupakan senyawa volatil yang paling banyak teridentifikasi pada semua metode pengolahan. Setiap pengolahan menunjukkan dominasi senyawa volatil berbeda dipengaruhi reaksi kimia yang terjadi selama pengolahan. Perebusan didominasi

golongan aldehida hasil oksidasi lipid, dengan senyawa paling dominan yaitu Hexanal. Penggorengan dapat meningkatkan senyawa golongan keton, hidrokarbon aromatik, dan senyawa sulfur akibat reaksi Maillard, sedangkan pemanggangan menunjukkan dominasi senyawa hasil degradasi strecker serta reaksi oksidasi lipid dan Maillard lanjutan berupa amina, asam karboksilat dan hidrokarbon aromatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, L., Kusnandar, F., Yuliana, N. D., & Sugita, P. (2022). Profiling of Volatile Compounds in Beef, Rat, and Wild Boar Meat using SPME-GC/MS. *Sains Malaysiana*, 51(9), 2897–2911. <https://doi.org/10.17576/jsm-2022-5109-13>
- Amalia, L., Novidahlia, N., Kusumaningrum, I., Mulya, S., Mardiah, M., Jumiono, A., Eliska, A., Ramadhan, M. F., & Lidiyani, N. (2025). *Senyawa Volatil Daging Celeng (Sus scrofa vittatus) dengan Berbagai Pengolahan Menggunakan Metode SPME-GC/MS*. 11(April), 123–133.
- Bai, S., You, L., Ji, C., Zhang, T., Wang, Y., Geng, D., Gao, S., Bi, Y., & Luo, R. (2022). Formation of volatile flavor compounds, maillard reaction products and potentially hazard substance in China stir-frying beef sao zi. *Food Research International*, 159(March), 111545. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111545>
- Jung, Y., Kim, H. J., Kim, D., Joo, B., Jhoo, J. W., & Jang, A. (2023). Physicochemical Properties and Volatile Organic Compounds of Dairy Beef Round Subjected to Various Cooking Methods. *Food Science of Animal Resources*, 43(5), 767–791. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2023.E35>
- Kosowska, M., Majcher, M. A., & Fortuna, T. (2017). Volatile compounds in meat and meat products. *Food Science and Technology (Brazil)*, 37(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.08416>
- Lammers, M., Dietze, K., & Ternes, W. (2009). A comparison of the volatile profiles of frying european and australian wild boar meat with industrial genotype pork by dynamic headspace-GC/MS analysis. *Journal of Muscle Foods*, 20(3), 255–274. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00146.x>
- Morsli, F., Moloney, A. P., Monahan, F. J., Dunne, P. G., Mannion, D. T., Skibinska, I., & Kilcawley, K. N. (2025). *Impact of Different Grilling Temperatures on the Volatile Profile of Beef*. 1–18.
- Pavlidis, D. E., Mallouchos, A., Ercolini, D., Panagou, E. Z., & Nychas, G. J. E. (2019). A volatilomics approach for off-line discrimination of minced beef and pork meat and their admixture using HS-SPME GC/MS in tandem with multivariate data analysis. *Meat Science*, 151(January), 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.01.003>
- Sohail, A., Al-dalali, S., Wang, J., Xie, J., Shakoor, A., Asimi, S., Shah, H., & Patil, P. (2022). *Aroma compounds identified in cooked meat : A review*. 157(May).
- Soria, A. C., García-Sarrió, M. J., & Sanz, M. L. (2015). Volatile sampling by headspace techniques. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 71, 85–99. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.015>
- Wojtasik-Kalinowska, I., Szpicer, A., Binkowska, W., Hanula, M., Marcinkowska-Lesiak, M., & Poltorak, A. (2023). Effect of Processing on Volatile Organic Compounds Formation of Meat—Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/app13020705>
- You, L., Zhang, Y., Ma, Y., Wang, Y., & Wei, Z. (2025). Effect of Boiling Time on the Color, Water, Protein Secondary Structure, and Volatile Compounds of Beef. *Foods*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/foods14081372>