

## **POTENSI PENURUNAN HAAs (CARSI NOGENIK) DALAM PROSES MEMASAK DAGING SEBAGAI PREVENTIF TERHADAP KANKER KOLON**

**Niluh Narita Vijayanti<sup>1</sup>, Harman Agusaputra<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

<sup>2</sup>Bagian Patologi Anatomi, Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya  
Jl. Dukuh Kupang XXV/54, Surabaya

\*Email: [fkukharman@gmail.com](mailto:fkukharman@gmail.com)

### **Abstrak**

*Kanker Kolorectal merupakan kanker yang terbanyak ke-4 dan penyebab kematian no 3 didunia diperkirakan tiap tahun terjadi peningkatan kasus baru. Diantara faktor yang mempengaruhi adanya pola konsumsi , termasuk proses memasak yang sering kurang mendapat perhatian dalam pengelolaan . Dalam proses memasak dapat terbentuk senyawa kimia yakni PAH (Polisiklik aromatic hidrokarbon) dan HAAs (Heterocyclic aromatic amines) sebagai bahan yang bertanggung jawab terjadinya kanker diantaranya kanker kolorectal. Dilakukan studi literatur 2011-2022, terkait perkembangan dalam menurunkan HAAs Hasil dari pencarian didapatkan 6 penelitian berupa tambahan zat aditif dalam proses memasak termasuk bumbu oregano, basil, simac, resveratrol, tepung kunyit, black cumin, chitosan yang dapat menurunkan hingga 40-70% kadar dari turunan HAAs. 5 penelitian lainnya terkait Teknik menggunakan panggangan yang berbeda termasuk grilling, boiling, deep frying, microwave dan hotplate. Didapatkan metode penggunaan arang kelapa lebih baik, metode pemanasan infrared dan kombinasi steam dan pemanas juga dapat menurunkan HAAs.*

**Kata kunci:** Teknik menurunkan HAAs, prevensi Kanker Kolorectal

## **PENDAHULUAN**

### **Kanker Kolon**

Menurut data GLOBOCAN 2018, kanker kolon-rektal merupakan kanker paling mematikan ketiga dan kanker keempat yang paling sering terdiagnosis. Diperkirakan sebanyak 2 juta kasus baru dan 1 juta kematian terjadi di tahun 2018. Saat ini insiden kanker kolon rektal mengalami peningkatan di negara berkembang yang mengadopsi gaya hidup negara barat (Rawla, Sunkara and Barsouk, 2019). Di salah satu RS di Indonesia, yaitu RS Dharmais, Jakarta, yaitu tempat rujukan kanker nasional Indonesia, kanker kolon menempati urutan keempat kanker terbanyak (Kementrian Kesehatan, 2019). Ada dua faktor utama yang mempengaruhi terjadinya kanker kolon, yaitu factor yang tidak dapat dimodifikasi seperti umur dan genetic dan factor yang dapat dimodifikasi seperti gaya hidup (merokok, alkohol, konsumsi tinggi daging merah, kansumsi rendah serat, aktivitas fisik rendah) dan juga obesitas (Lewandowska *et al.*, 2022). Proses memanaskan daging dapat menyebabkan pembentukan zat karsinogenik dan mutagenic seperti PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbons) dan HAAs (Heterocyclic aromatic amines) yang dapat menjadi factor resiko tinggi untuk membentuk kanker kolon (Bulanda and Janoszka, 2022).

Memasak atau memanaskan makanan bertujuan untuk menyingkirkan mikroorganisme yang berpotensi menyebabkan penyakit (Li *et al.*, 2021) dan juga meningkatkan aroma dan memberi rasa dari makanan (Wang *et al.*, 2022). Namun memanaskan atau memasak makanan

dapat menyebabkan perubahan tekstur dan komposisi protein pada daging (Jiang *et al.*, 2018). Memasak daging juga menurunkan kandungan vitamin terutama tiamine, penurunan kadar kalsium, sodium, potassium, magnesium, dan fosfor (Gerber, Scheeder and Wenk, 2009). Dilain pihak pemanasan daging ditemukan peningkatan kadar PAH dan HAAs yang merupakan zat karsinogenik (Bulanda and Janoszka, 2022).

### Patomekanisme Terbentuknya HAAs

Pemanasan makanan yang mengandung bahan protein seperti daging dan ikan dapat menyebabkan terbentuknya *Heterocyclic aromatic amines (HAAs)* jika dipanaskan pada suhu tinggi dengan cara pemanggangan, pengasapan, penggorengan, (Nadeem *et al.*, 2021) HAAs utamanya terbentuk dari proses reaksi *Maillard*, yaitu reaksi non-enzimatik ditandai dengan pencoklatan pada makanan dimana terjadi *reducing* gula dan asam amino bebas dan bereaksi satu sama lain. Reaksi *Maillard* ini memerlukan beberapa prekursor termasuk jaringan otot, asam amino, kreatinin, dan gula (Kang *et al.*, 2022). HAAs mulai terbentuk jika dipanaskan pada suhu  $> 100^{\circ}\text{C}$ , dan terjadi peningkatan kadar bila dipanaskan pada suhu  $175^{\circ}\text{C}$  keatas (Kang *et al.*, 2022). Dalam pengklasifikasian HAAs, dibedakan type termik terbentuk antara suhu 100-300 derajat Celsius, dan type *pyrolytic HAAs* dibentuk pada suhu  $> 300^{\circ}\text{C}$ . (Nadeem *et al.*, 2021). Dampak yang ditimbulkan pada paparan HAAs bersifat *multi-site carcinogens* dengan target beberapa keganasan diantaranya kanker kolon, payudara, dan prostat. Bioaktivasi HAAs di tubuh manusia terjadi oleh *N-oxidation* dari *exocyclic amine groups* untuk memproduksi HONH-HAAs. Senyawa HONH-HAAs genotoksik metabolit. Senyawa ini akan berikatan dengan DNA secara kovalen untuk membentuk *DNA adducts*, dimana menyebabkan DNA sangat rentan mengalami mutasi. Jika dibiarkan, maka akan berisiko terbentuknya kanker di dalam tubuh (Bellamri, Walmsley and Turesky, 2021). HAAs sendiri dapat dibagi menjadi beberapa zat kimia, yang terbanyak menyebabkan resiko kanker kolorektal yakni MeIQx (2-amino-3,8-dimethylimidazool [4,5-f]quinoxaline), diMeIQx (2-amino-3,4,8-trimethylimidazool[4,5-f]quinoxaline) and PhiP (2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5b]pyridine) (Aaslyng, 2016)

## METODE

### Pencarian Literatur

Pencarian jurnal penelitian, sebagai kriteria inklusi terkait produk daging yang dipanaskan dan penurunan level HAAs. Batasan tahun (2016-2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat 6 penelitian untuk menurunkan kadar HAAs dengan beberapa daging yang dipakai dan penggunaan marinasi dengan hasil terlampir, sedangkan 5 penelitian lain terkait proses memasak.

**Tabel 1. Penelitian pemanasan dengan metode marinasi dalam menurunkan kadar HAAs**

Penelitian	Sampel dan Proses	Hasil
(Aaslyng 2016)	Pork meat, dimasak pada suhu 240-270 °C, ditambahkan acerola, sumac dan oregano	Pemanasan pada suhu 270 °C masih mendapatkan kadar HAAs, dan bila diberikan dalam pemanasan tidak langsung dapat menurunkan DiMeIQx dan MeIQx, sdgkan PhiP dapat menurunkan keduanya.

(Mirsadeghi <i>et al.</i> , 2019)	Penambahan <i>chitosans</i> larut pada <i>deep-frying</i> filet ikan huso.	Memiliki efek menghambat pembentukan HAAs sebanyak 68.09%.
(Oz, 2019)	<i>Beef muscle (meatball)</i> dimasak di <i>hot plate</i> dengan suhu (150, 200, 250 derajat celsius) selama 8 menit, penambahan <i>black cumin</i> (0.5 dan 1%).	Level HAAs pada daging meningkat sejalan dengan peningkatan temperature memasak, peningkatan penggunaan <i>black cumin</i> dapat menurunkan kadar HAAs pada daging. Kadar HAAs menurun sebanyak 45.09% pada daging yang dimasak pada suhu 250 derajat celcius dengan penggunaan 1% <i>black cumin</i> .
(Uzun, 2020)	Beef meat ball dimasak pada suhu (150,200,250 derajat celsius) Penambahan basil 0,5 %	Pemanasan dg suhu 250 derajat celcius mendapatkan kadara HAAS tertinggi, akan tetapi masih dibawah nilai batas HAAS
(Meurillon, 2020)	<i>Ground beef patties</i> , dimasak pada suhu 200 o C 14 menit ditambahkan <i>resveratrol</i> ( <i>anggur merah</i> )	Pemanasan pada suhu 200 o C dapat menurunkan MeIQx dan PhIP sebanyak 40 dan 70% pada
(Kilic, Oz and Oz, 2021)	<i>Chicken meatballs</i> dimasak pada suhu (150, 200, dan 250 derajat celcius) diberi tepung kunyit /turmeric powder (0.5 dan 1%)	Total HAAs level turun sebanyak 72% pada pemasaksan <i>chicken meatballs</i> menggunakan 0.5% tepung kunyit dan dimasak pada suhu 200 derajat celcius.

**Tabel 2. Penelitian membandingkan beberapa metode alat dalam menurunkan kadar HAAs tanpa marinasi**

Penelitian	Sampel dan Proses	Hasil
(Viegas <i>et al.</i> , 2012)	Pemanggangan <i>beef</i> dan salmon pada suhu 200 derajat celcius menggunakan <i>coconut shell charcoal</i> dan <i>wood charcoal</i> .	Tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada pemanggangan daging sapi, namun pada pemanggangan salmon menghasilkan penurunan kadar HAAs yang signifikan pada pembakaran menggunakan <i>coconut shell charcoal</i> .
(Ahmad Kamal, Selamat and Sanny, 2018)	<i>Gas-grilled beef</i> pada suhu (150, 200, 250, 300, dan 350 derajat celcius)	Konsentrasi HAAs terendah yang terukur terjadi pada suhu 150 derajat celcius. Penurunan significant HAAs (kecuali PhIP) pada daging sapi yang dimarinasi terjadi di semua temperatur pemanasan.
(Wang <i>et al.</i> , 2021)	Pemanasan <i>lamb meat</i> menggunakan <i>charcoal grilling (CG)</i> , <i>infrared grilling (IG)</i> .	IG dapat menurunkan kadar HAAs dengan signifikan.
(Isleroglu <i>et al.</i> , 2011)	<i>Chicken patty</i> dimasak menggunakan ( <i>convection oven</i> , <i>forced convection oven</i> , <i>steam-assisted hybrid oven/STA</i> ) pada suhu (180, 210, 240 derajat celcius)	Memasak menggunakan STA memerlukan waktu memasak yang lebih singkat dari <i>convection oven</i> sehingga level HAAs pada daging menjadi lebih rendah.
(Oz and Yuzer, 2017)	Pemanasan <i>turkey</i> menggunakan <i>deep-frying</i> , <i>boiling</i> , <i>pan-frying</i>	Kadar HAAs tertinggi ditemukan pada metode <i>deep-frying</i> .

tanpa minyak, *hot plate*, *oven*,  
*microwave*.

---

Beberapa penelitian menggunakan antioksidan sebagai zat yang efektif untuk menghambat pembentukan HAAs. Natural antioksidan dapat ditemukan pada berbagai jenis rempah rempah dan juga produk makanan dari tumbuhan ((Nadeem *et al.*, 2021). Pada penelitian Aaslyng (2016) menggunakan pemanasan indirect dan direct dengan sedikit beda suhu pada direct 270 ° C dan Indirect suhu 240-290 °C., Pemanasan direct dilakukan barbeque tanpa tutup , sehingga menghasilkan panas 270 °C, sedangkan Inderect menggunakan penutup menghasilkan panas mencapai 290 °C. Hasil didapatkan untuk ke-5 jenis HAAs tidak semua menghasilkan penurunan kadar, akan tetapi pada DiMeIQx dan MeIQx terjadi penurunan kadar HAAs pada pemanasan tidak langsung, sedangkan PhiP dapat menurunkan keduanya. Pada Pada penelitian Mirsadeghi et al (2019) menemukan bahwa penambahan *chitosan* pada *deep-frying* filet ikan huso. Penambahan *chitosan 1%* ini dapat menurunkan pembentukan HAAs sebanyak 68.09%. Pada penelitian Oz (2019) menemukan bahwa penggunaan 0.1% *black cumin* pada *beef muscle (meatball)* yang dimasak di *hot plate* pada suhu 250 °C, selama 8 menit dapat menurunkan kadar HAAs hingga 45.09%. Pada penelitian Uzun et al (2020) menemukan penambahan basil 0,5% dapat menurunkan HAAs, termasuk pada suhu 250 °C, akan tetapi masih dibawah nilai ambang/ aman. Pada penelitian Meurillon et al (2020) menemukan bahwa *resveratrol (anggur merah)* dapat menurunkan pembentukan MeIQx dan PhiP sebanyak 40 dan 70% pada penggorengan *ground beef patties* di *stainless steel frying pan* selama 14 menit di suhu 200 ° C Pada penelitian Kilic et al (2021) menemukan bahwa memasak *chicken meatball* pada suhu 200° C dapat menurunkan kadar HAAs hingga 72% bila ditambahkan 0.5% tepung kunyit (*curcuma longa*) dalam proses memasaknya.

Penelitian menggunakan metode pemanasan. Pada penelitian Kamal et al (2018) dilakukan pemanggangan daging sapi di suhu 150, 200, 250, 300, and 350°C. Kadar HAAs terendah terbentuk di suhu 150°C. Peningkatan kadar HAAs meningkat seiring dengan peningkatan suhu pemanggangan. Pada penelitian Isleroglu et al (2011) ditemukan bahwa pemanasan menggunakan STA menghasilkan kadar HAAs yang lebih rendah dari *convection oven* dan *forced convection oven*. Hal ini dikarenakan proses pemanasan pada STA berlangsung cepat sehingga menurunkan efek pembentukan HAAs. Pada penelitian Viegas et al (2012) dilakukan pemanggangan daging sapi dan salmon pada suhu 200°C. Pemanggang salmon menggunakan *shell charcoal* menghasilkan kadar HAAs yang lebih rendah dari *wood charcoal*, walaupun secara umum sebenarnya pemanggangan ikan salmon mempunyai kadar PAH yang lebih tinggi. Namun pada pemanggangan daging sapi tidak ditemukan perbedaan yang begitu signifikan. Pada penelitian Wang et al (2021) juga menunjukkan penggunaan *charcoal* menghasilkan HAAs lebih tinggi. Pada penelitian ini menemukan bahwa *infrared grilling* dapat mengurangi pembentukan HAAs dengan signifikan jika dibandingkan dengan *charcoal grilling*. Berbagai metode memasak dibandingkan di penelitian Oz dan Yuzer (2017) untuk mengetahui metode memasak mana yang menghasilkan HAAs paling tinggi. Pada penelitian ini dilakukan pemanasan *turkey* dengan metode *deep-frying*, *boiling*, *microwave*, *oven*, dan *hot plate*. Ternyata diantara metode yang sering digunakan dalam memasak, *deep-frying* menghasilkan kadar HAAs tertinggi dalam prosesnya.

### **Pengunaan Aditif / Marinasi**

Diataranya perkembangan teori dalam menurunkan HAAs, dapat melalui jalur antioxidant, dapat melalui jalur phenolic dimana dg 2 group hydroxyl pada posisi meta dan melakukan substitusi elektrofilik aromatic yang dapat menghambat pembentukan senyawa intermediate dari reaksi Mallard (Meurillon, 2020), Jalur Kreatin dan kreatinin, juga menjadi prekursor terbentuknya HAAs.

Pada beberapa penelitian dilakukan pada rentang suhu 150--250 °C, menjadi tantangan dalam menurunkan kadar HAAs, termasuk penelitian Aaslyng,2016, Oz, 2019, Uzun 2020 dan Kilic 2021. bahkan dengan suhu sampai 350 ° C pada penelitian Kamal,2018. Kelihatann dari 7 penelitian menunjukkan cukup efektif penggunaan marinasi sebagai penurun kadar HAAs masih efektif dengan suhu berkisar 200-250 ° C dan tergantung jenis marinasi. Dalam penggunaan marinasi dimana dapat menurunkan HAAs perlu dipertimbangkan bila pemasakan yang very well done, juga tidak menutup kemungkinan HAAs yang meningkat, juga ada perlu penelitian reaksi harman pada marinasi (Gu et al,2001).

Diantara kadar HAAs cukup bervariasi diantara 5 jenis HAAS yang paling sering, MeIQ x dan PhiP menjadi titik tangkap para peneliti dalam konsentrasi penurunan. Dikatakan tiap HAAs. dengan hasil bervariasi tergantung dari jenis marinasi tentunya dengan konsentrasi tertentu (Aaslyng,2018).

Diantara substance yang termasuk fenolik, acrolein, oregano dan sumac basil dan black cumin (Aaslyng,2016; Usun,2020, Oz,2017). Konsentrasi aditif yang diberikan umumnya 0,5-1%, dan tidak lebih tinggi pada 7 penelitian ini, peneliti belum mendapatkan data secara pasti mengenai dosis yang kecil ini, secara umum dimungkinkan terkait cita rasa saat pemberian saat memasak.

Tumeric/tepung kunyit pada penelitian Kilic et al 2021 dan Basil, Uzun et al 2020, pada penelitian ternyata juga mempunyai kemampuan menjaga pengeluaran air dari proses pemanasan, dan tentunya pembentukan HAAs juga menjadi lebih rendah.

Tumeric/tepung kunyit, Basil dan black cumin, juga mempunyai kemampuan mengurangi lipid degradasi melalui Lipid peroxidase baik tepung kunyit dan basil, menjadi salah satu bahasan yang mungkin dalam reaksinya mengurangi reaksi degradasi jaringan akibat pemanasan. Kemungkinan secara tidak langsung juga berperan dalam menurunkan HAAs. (Oz,2019, Kilic et al 2021, Uzun et al 2020).

### **Penggunaan Alat**

Tentunya Teknik memasak juga menjadi andil dalam terbentuknya HAAs terutama penggunaan system arang dalam pembakaran. Bahan yang digunakan antara arang kayu dan arang coconut, pada kenyataannya arang cocounut lebih bersifat ekologi, panas lebih cepat. Pada penelitian Viegas, tidak ada penjelasan mengapa pada daging salmon mempunyai kadar PAH yang tinggi, walapun lebih rendah pada arang kelapa dibanding arang kayu. Hal ini dimungkinkan karena mengandung protein yang tinggi dan terpengaruh panas dan perlu diteliti lebih lanjut.

Pada penelitian Wang dengan adanya Infrared mempunyai daya panas lebih stabil dan masuk kedalam daging, dan mempunyai penurunan ketahanan air yang lebih rendah, dan pengeluaran protein dan lemak lebih rendah. Sehingga terbentuknya HAAs lebih rendah. Pada dasarnya sekarang era kemajuan teknologi penggunaan mesin Infrared sudah dijual dipasaran dalam proses grilling.

Diantara Metode lain ada yang menggunakan campuran Steam dan oven (Isleroglu et al 2011) yang ternyata memungkinkan penurunan HAAs, dalam pencarian steam, Ada teknologi Steam dan roasting ( Feng,2020) juga dapat menurunkan.. Akan tetapi mana ya lebih baik antara kombinasi ini belum jelas. Pemanasan dengan Deepfrying pan sudah banyak pembahasan dikaitkan HAAs, dan pada penulisan Oz dan Yuser, 2017 mempunyai kadar tertinggi. Dibandingkan beberapa metode yang lain.

### **KESIMPULAN**

Penurunan kada HAAs dapat dikombinasi dari penggunaan marinasi dan metode pemasakan diantaranya kombinasi antara steam dan pemanasan, ataupun Teknik inframerah.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada tim cosmic memberi kesempatan kami untuk memicu penelitian selanjutnya dan sebagai media.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bellamri, M., Walmsley, S. J. and Turesky, R. J. (2021) 'Metabolism and biomarkers of heterocyclic aromatic amines in humans', pp. 1–32.
- Bulanda, S. and Janoszka, B. (2022) 'Consumption of Thermally Processed Meat Containing Carcinogenic Compounds (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Heterocyclic Aromatic Amines) versus a Risk of Some Cancers in Humans and the Possibility of Reducing Their Formation by Natural Food Additive', *International journal of environmental research and public health*, 19(8). doi: 10.3390/ijerph19084781.
- Gerber, N., Scheeder, M. R. L. and Wenk, C. (2009) 'The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat', *Meat Science*, 81(1), pp. 148–154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.012>.
- Gu, Y. S. *et al.* (2001) 'Effects of Seasoning and Heating Device on Mutagenicity and Heterocyclic Amines in Cooked Beef', 8451(May). doi: 10.1271/bbb.65.2284.
- Isleroglu, H. *et al.* (2011) 'PROCESSING , PRODUCTS , AND FOOD SAFETY Effect of oven cooking method on formation of heterocyclic amines and quality characteristics of chicken patties : Steam-assisted hybrid oven versus convection ovens', (2007), pp. 2296–2303. doi: 10.3382/ps.2013-03552.
- Jiang, Q. *et al.* (2018) 'Effect of heating temperature and duration on the texture and protein composition of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) muscle', *International Journal of Food Properties*, 21(1), pp. 2110–2120. doi: 10.1080/10942912.2018.1489835.
- Kang, H. J. *et al.* (2022) 'Main mechanisms for carcinogenic heterocyclic amine reduction in cooked meat by natural materials', *Meat Science*, 183, p. 108663. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108663>.
- Kamal A, N. H., Selamat, J. and Sanny, M. (2018) 'Simultaneous formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heterocyclic aromatic amines (HCAs) in gas-grilled beef satay at different temperatures', *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(5), pp. 848–869. doi: 10.1080/19440049.2018.1425553.
- Kathrivel P, et al (2011), Chemical Composition of the essential oil from basil (*Ocimum basilicum* Linn) and its in vitro cytotoxicity against HeLa and Hep-2 Human cancer cell lines dan NIH3T3 mouse embrionic fibroblast. *Natural Product Research* 26(12):1112-8, DO - 10.1080/14786419.2010.545357
- Kementrian Kesehatan, R. (2019) 'Beban Kanker di Indonesia', *Pusat Data Dan Informasi Kesehatan Kementerian Kesehatan RI*, pp. 1–16.
- Kilic, S., Oz, E. and Oz, F. (2021) 'Effect of turmeric on the reduction of heterocyclic aromatic amines and quality of chicken meatballs', *Food Control*, 128, p. 108189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108189>.
- Kondjoyan A, Sylvie Chevolleau S, Portanguen S, Molina J, Ikonic P., Clerjon S. , Debrauwer L., Relation between crust development and heterocyclic aromatic amine formation when air-roasting a meat cylinder DOI10.1016/j.foodchem.2016.06.118 : <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.118>
- Lewandowska, A. *et al.* (2022) 'Title: Risk Factors for the Diagnosis of Colorectal Cancer.', *Cancer control : journal of the Moffitt Cancer Center*, 29, p. 10732748211056692. doi:

10.1177/10732748211056692.

- Li, R. *et al.* (2021) 'The effects of thermal treatment on the bacterial community and quality characteristics of meatballs during storage.', *Food science & nutrition*, 9(1), pp. 564–573. doi: 10.1002/fsn3.2026.
- Meurillon, M. *et al.* (2020) 'Mitigation of heterocyclic aromatic amines in cooked meat. Part I: Informed selection of antioxidants based on molecular modeling.', *Food chemistry*, 331, p. 127264. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127264.
- Mirsadeghi, H. *et al.* (2019) 'The effect of different kinds of chitosans and cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in huso (*Huso huso*) fillet', *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), p. e14253. doi: 10.1111/JFPP.14253.
- Nadeem, H. R. *et al.* (2021) 'Heterocyclic Aromatic Amines in Meat: Formation, Isolation, Risk Assessment, and Inhibitory Effect of Plant Extracts', pp. 1–28.
- Oz, E. (2019) 'Inhibitory effects of black cumin on the formation of heterocyclic aromatic amines in meatball', pp. 1–13.
- Oz, F. and Yuzer, M. O. (2017) 'The effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in turkey meat', *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), p. e13196. doi: 10.1111/JFPP.13196.
- Rawla, P., Sunkara, T. and Barsouk, A. (2019) 'Epidemiology of colorectal cancer: Incidence, mortality, survival, and risk factors', *Przegląd Gastroenterologiczny*, 14(2), pp. 89–103. doi: 10.5114/pg.2018.81072.
- Viegas, O. *et al.* (2012) 'Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (HAs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods', *Food and Chemical Toxicology*, 50(6), pp. 2128–2134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.03.051>.
- Wang, W. *et al.* (2021) 'Reduction of the Heterocyclic Amines in Grilled Beef Patties through the Combination of Thermal Food Processing Quality Characteristics', 10(1490), pp. 1–15. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10071490>.
- Wang, Xingwei *et al.* (2022) 'Microwave heating and conduction heating pork belly: Non-volatile compounds and their correlation with taste characteristics, heat transfer modes, and matrix microstructure', *Meat Science*, 192, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108899>.