

Karakteristik dan Pengaruh Proses Sterilisasi terhadap Mutu Fisik Produk Lauk Berkuah dalam Kemasan *Retort Pouch*: Tinjauan Sistematis

Azzam Akbar Fadhillah¹, Faleh Setia Budi^{1*}, Harsi Dewantari Kusumaningrum¹

¹ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Darmaga Kampus IPB Babakan Dramaga Kabupaten Bogor Jawa Barat 16680

*E-mail Korespondensi : falehbu@apps.ipb.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i3.28397>

Submitted August 1st 2024, Accepted December 16th 2024, Published December 27th 2024

Abstrak

Pengembangan produk lauk berkuah siap santap dalam *retort pouch* didasari oleh keinginan masyarakat untuk mendapatkan produk yang cepat disantap, mudah dibawa, dan stabil. Penelitian ini bertujuan mengkaji proses sterilisasi produk lauk berkuah dalam *retort pouch*, menerangkan karakteristik proses sterilisasi produk dalam studi yang digunakan, dan menerangkan pengaruh jenis *retort* terhadap parameter proses sterilisasi dan pengaruh proses sterilisasi terhadap mutu fisik produk lauk berkuah. Penelitian ini dilaksanakan dengan cara telaah pustaka dengan memasukkan kata kunci ke dalam mesin pencarian jurnal. Seleksi dan pengujian rujukan menghasilkan data sekunder berupa 10 artikel yang berisi 11 produk dan 26 proses sterilisasi. Sebagian besar produk yang ditemukan dalam studi (64%) adalah kari, kemudian disusul produk lain berupa lauk dalam minyak, *masala*, *braised*, dan sop. *Retort steam-air* terbukti memberikan penetrasi panas yang lebih baik daripada *retort water immersion*. Hasil telaah pustaka menunjukkan bahwa proses sterilisasi produk secara komersial menggunakan suhu dan bobot yang setara di angka 121 °C dan 200–300 gram, nilai F_0 yang di atas standar minimal 3 menit, dan terdapat perubahan mutu fisik yang negatif seperti warna produk kari yang lebih cokelat dan perubahan positif seperti *mousse* kari ayam yang tidak lebih lengket dan tekstur produk kari yang lebih lunak.

Kata Kunci: mutu fisik, perangkat *retort*, produk lauk berkuah, proses sterilisasi, *retort pouch*

Abstract

The development of ready-to-eat side dish products with gravy in *retort pouches* is based on the public's desire for quick, portable, and stable food options. This research aimed to examine the sterilization processes of side dish products with gravy in *retort pouches*, characterize these processes, and assess the influence of *retort* type on parameters of sterilization process and physical quality. The study was conducted via a literature review using specific keywords in journal search engines, resulting in secondary data from 10 articles covering 11 products and 26 sterilization processes. The products included 64% curry and other side dishes such as oil-based, *masala*, *braised*, and soup. Air-steam *retort* demonstrated superior heat penetration compared to water immersion *retorts*. The literature indicated that the sterilization process (commercial sterilization) typically used temperatures equivalent to 121 °C for 200–300 grams, with an F_0 value exceeding the standard minimum of 3 minutes. Notable physical quality changes included a browner colour in curry products and improvements such as reduced stickiness in chicken curry *mousse* and a softer texture in curry.

Key words: physical quality, *retort* device, *retort pouch*, side dish products with gravy, sterilization process

PENDAHULUAN

Produk pangan siap santap sudah banyak dikenalkan ke masyarakat sebagai suatu inovasi yang menjadi solusi dalam mempersingkat waktu penyiapan makanan. Pertumbuhan ekonomi negara berkembang dan negara maju mendorong masyarakat untuk mengubah kultur penyiapan makanan agar membutuhkan waktu yang lebih sedikit (Lee et al., 2014). Dikarenakan tingginya kesibukan dan sedikitnya waktu luang yang tersedia, perubahan kultur tersebut semakin terlihat. Pangan siap saji merupakan satu dari sekian banyak pengembangan pengemasan dan proses pengawetan pangan. Pangan siap saji merupakan pangan yang telah dimasak dan dikemas lalu dikonsumsi saat seseorang ingin memakannya (Kumar et al., 2015). Proses pemanasan bertujuan mengawetkan pangan sehingga pangan siap dikonsumsi.

Salah satu proses yang penting ketika pengolahan pangan siap saji ialah proses termal. Proses termal yang dikenal ada 2, yaitu proses pasteurisasi dan proses sterilisasi. Proses pasteurisasi merupakan proses pemanasan produk pangan pada suhu di bawah 100 °C selama waktu tertentu untuk membunuh mikroorganisme patogen dan pembusuk target sampai pada level 7D. Proses pasteurisasi dapat diberikan

pada produk pangan dengan $pH > 4,6$ dan $a_w > 0,85$ dan dikemas secara hermetis serta disimpan dalam kondisi dingin dengan umur simpan yang terbatas. Proses pasteurisasi dapat juga diberikan pada produk pangan dengan $pH < 4,6$ dan $a_w > 0,85$ atau $pH > 4,6$ dan $a_w < 0,85$ dan dikemas secara hermetis serta disimpan dalam kondisi dingin dengan umur simpan yang panjang.

Proses sterilisasi ditujukan untuk membunuh mikroorganisme patogen dan pembusuk pada suhu di atas $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama waktu tertentu agar terjadi penurunan jumlah mikroorganisme target (spora *C. Botullinum*) sampai pada level 12D (Chinesta *et al.*, 2018). Proses sterilisasi diberikan ke produk pangan yang berisiko tinggi karena memiliki $pH > 4,6$ dan $a_w > 0,85$. Pengemasan produk dilakukan secara hermetis sehingga produk dapat memiliki umur simpan yang panjang meski disimpan pada suhu ruang. Selama proses sterilisasi, dampak dari suhu dan lama pemanasan pada mikroba patogenik sering direpresentasikan sebagai nilai F_0 . Nilai F_0 dapat dijelaskan sebagai waktu pemanasan yang setara dengan pemanasan pada suhu $121,1^\circ\text{C}$ selama waktu tertentu (Pursito *et al.*, 2022). Produk pangan lauk berkuah terkemas secara hermetis merupakan produk pangan berisiko tinggi karena memiliki $pH > 4,6$ dan $a_w > 0,85$. Agar produk pangan lauk berkuah memiliki umur simpan yang panjang pada suhu ruang maka produk pangan lauk berkuah perlu dilakukan proses sterilisasi secara komersial dan terkemas secara hermetis. Produk lauk berkuah yang mendapatkan perlakuan proses sterilisasi harus dikemas dengan baik dan hermetis untuk mencegah kontaminasi selama proses sterilisasi, pendistribusian dan penyimpanan sehingga produk dapat disimpan pada suhu ruang (Anwar *et al.*, 2021). Pengemasan merupakan upaya menjaga kualitas pangan setelah produk dibuat, dikemas, diproses termal, dan didistribusikan (Syarif *et al.*, 2023).

Terdapat berbagai jenis kemasan yang digunakan dalam industri pangan dengan proses termal, antara lain kaleng, kaca/gelas, plastik, dan *retort pouch*. Masing-masing jenis kemasan memiliki kelebihan dan kekurangan. Kemasan kaleng, misalnya, memiliki keunggulan dalam hal kedap udara dan ketahanan terhadap suhu tinggi selama proses sterilisasi, tetapi cenderung berat dan tidak ramah lingkungan. Kemasan plastik lebih ringan, praktis dan mudah dibentuk, tetapi kurang tahan terhadap suhu tinggi dan lebih mudah rusak. Salah satu alternatif kemasan yang populer adalah *retort pouch*, yaitu kantong fleksibel yang dapat menahan suhu tinggi dan memiliki kedap udara yang baik. Kemasan *retort pouch* dapat memberikan beberapa keuntungan, di antaranya harga yang relatif murah, bobot kemasan yang rendah, proses pengisian dan penutupan yang cepat, kemudahan untuk dibuka, penggunaan ruang penyimpanan yang lebih sedikit, dan fleksibilitas desain (Virat *et al.*, 2014; Pachira *et al.*, 2021). Produk pangan yang dikemas dalam *retort pouch* memiliki keuntungan. Telah dilaporkan oleh Lee *et al.*, (2015) bahwa proses sterilisasi produk-produk kari dalam *retort pouch* menghasilkan atribut sensori yang baik dan waktu simpan 24 bulan pada suhu ruang. Triyannanto *et al.*, (2020) melaporkan produk satai ayam yang dikemas dalam *retort pouch* dapat tetap awet setidaknya empat pekan lebih lama daripada yang dikemas dalam kemasan polietilena.

Penelitian tentang produk pangan lauk berkuah telah banyak dilakukan, tetapi pembahasan yang merangkumnya di kemasan *retort pouch* masih jarang ditemukan. Selain itu, terdapat penurunan mutu yang dikaitkan dengan proses sterilisasi, seperti perubahan mutu fisik (Kuda & Yano, 2009). Mutu pangan, yang memengaruhi kesukaan konsumen, sangat kompleks sebagai akibat dari banyaknya reaksi yang berlangsung secara simultan selama proses sterilisasi. Adanya efek proses sterilisasi yang muncul menyebabkan perlunya dilakukan kajian terkait. Tinjauan sistematis ini bertujuan umum mengkaji proses sterilisasi produk lauk berkuah dalam *retort pouch*. Sementara itu, tinjauan sistematis ini bertujuan khusus menerangkan karakteristik proses sterilisasi produk dalam studi yang digunakan dan pengaruh jenis *retort* terhadap parameter proses sterilisasi serta pengaruh proses sterilisasi terhadap mutu fisik produk lauk berkuah.

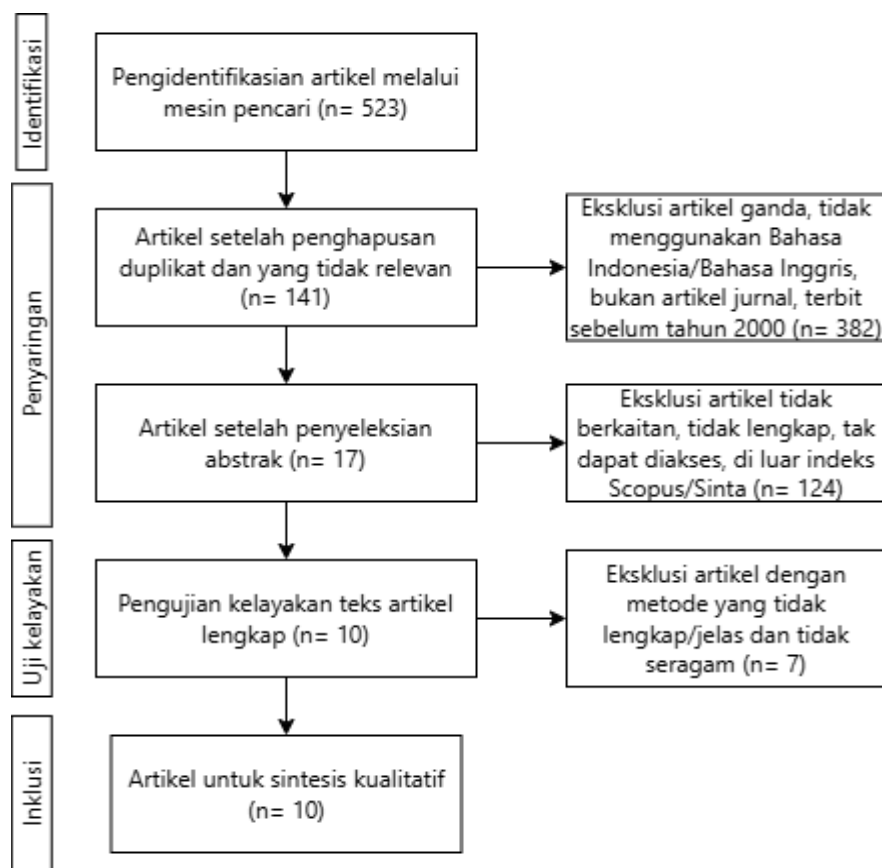
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Secara keseluruhan, penelitian dilakukan melalui telaah pustaka dari bulan Desember 2023 – Maret 2024. Alat yang digunakan adalah komputer jinjing dan perangkat lunak dari sistem operasi Windows 365 berupa Microsoft Word dan Microsoft Excel. Literatur terkait proses sterilisasi pada lauk berkuah dalam kemasan *retort pouch* merupakan bahan yang digunakan dalam penelitian.

Metode

Tulisan ini disusun berdasarkan kajian pustaka melalui pengumpulan beragam rujukan terkait aplikasi proses sterilisasi pangan lauk berkuah dalam kemasan *retort pouch* dan pengaruhnya terhadap produk pangan berkuah. Rujukan yang diperoleh dalam penelitian ini dikumpulkan dari Science Direct, Google Scholar, dan PubMed. Kata kunci yang digunakan adalah *retort pouch*, kari (*curry*), bakso (*meatball*), nugget (*nugget*), udang (*prawn* atau *shrimp*), sosis (*sausage*), olahan laut (*seafood*), sop (*soup*), gulai, dan kemasan *retort*. Telaah pustaka dikerjakan dengan metode PRISMA (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis*). Beberapa tahapan PRISMA menurut Abelha et al., (2020) adalah menggambarkan kriteria kelayakan, menentukan strategi pencarian, mengekstraksi data, dan menganalisis data. Proses pemilihan menghasilkan rujukan yang memenuhi kriteria yang berisi data sekunder. Data sekunder ini kemudian diidentifikasi dan dianalisis. Tahapan tinjauan sistematis yang dilakukan termuat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pencarian Artikel

Prosedur kerja dimulai dengan mencari kata kunci artikel terkait di mesin pencari ScienceDirect, Google Scholar, dan PubMed. Artikel-artikel yang muncul lalu diunduh. Untuk mesin pencari Google Scholar, artikel diunduh sampai pada halaman terakhir yang masih memuat artikel terkait. Artikel dari Google Scholar terlebih dahulu dicari di laman Google untuk memeriksa keberadaannya dalam Sinta atau Scopus. Sebagai contoh, pemeriksaan artikel dalam indeks dilakukan dengan mengetik "*Journal of Food Science Scimago*" untuk indeks Scopus dan "*Jurnal Mutu Pangan Sinta*" untuk indeks Sinta. Semua artikel dicari dari rentang tahun 2000–2024 untuk mendapat referensi yang relatif baru. Selepas pemeriksaan, artikel dikumpulkan dan diseleksi dengan langkah seperti yang dijelaskan pada Gambar 1.

Ekstraksi Data

Sepuluh artikel diperoleh sebagai artikel utama yang dibahas. Di dalam Microsoft Excel, dilakukan pembuatan kolom yang memuat informasi dari artikel, seperti penulis, judul artikel, nama produk, dan data

pengujian yang ada seperti atribut mutu, parameter proses, dan nilai F_0 . Pada tahap ini, data-data yang ada dimasukkan untuk memperbanyak bahan pertimbangan data yang akan dimasukkan ke Microsoft Word. Informasi yang dimasukkan dalam tulisan ini merupakan informasi yang terkait dengan proses sterilisasi produk lauk berkuah, seperti karakteristik proses sterilisasi, jenis *retort*, efek jenis *retort* terhadap parameter proses sterilisasi produk, dan pengaruh proses sterilisasi terhadap mutu fisik produk lauk berkuah. Data yang hanya terdapat di satu artikel atau tidak berkaitan dengan proses sterilisasi tidak dimasukkan. Semua artikel utama yang dijadikan rujukan tertera pada Tabel 1.

Tabulasi dan Pengolahan Data

Data yang sudah dimasukkan ke Microsoft Excel dipindahkan ke Microsoft Word untuk ditabulasi dan dibahas. Data yang sama yang terdapat dalam beberapa artikel dimasukkan ke dalam tabel. Jika diperlukan, data dibuat menjadi grafik. Analisis data dilakukan dengan menabulasi data untuk melihat informasi terkait yang bisa digabungkan/disajikan. Informasi yang muncul beberapa kali dari rujukan utama diolah untuk dilihat trennya.

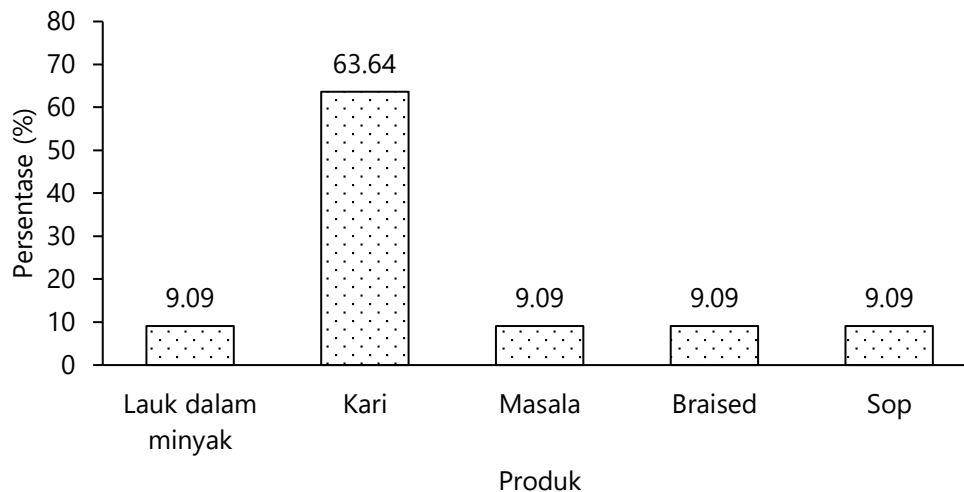
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencarian rujukan yang dilakukan menghasilkan 523 artikel yang kemudian diseleksi berdasarkan kriteria, seperti yang dijelaskan pada Gambar 1, yakni menggunakan Bahasa Indonesia/Bahasa Inggris, merupakan artikel jurnal, terbit di tahun 2000 dan setelahnya, berkaitan dengan proses sterilisasi pada produk lauk berkuah, merupakan artikel lengkap yang dapat diakses, terindeks Sinta/Scopus, dan memiliki metode yang lengkap dan seragam. Proses seleksi menghasilkan 10 artikel jurnal yang terindeks pada Scopus. Tabel 1 menyajikan referensi dan produk.

Tabel 1. Referensi dan produk dalam studi yang digunakan

Judul	Produk	Referensi
<i>Heat penetration attributes of milkfish (Chanos chanos) thermal processed in flexible pouches: a comparative study between steam application and water immersion</i>	Ikan bandeng dalam minyak	(Adepoju <i>et al.</i> , 2017)
<i>Quality of ready to serve tilapia fish curry with PUFA in retortable pouches</i>	Kari ikan nila	(Dhanapal <i>et al.</i> , 2010)
<i>Processing and storage of restructured surimi stew product in retortable pouches</i>	Kari surimi ikan cupang-cupang sirip kuning	(Hema <i>et al.</i> , 2015)
<i>Thermal process evaluation of analogue shrimp product (ASP) from lizard fish (Saurida tumbil) in retort pouches</i>	Udang analog dari surimi ikan dalam media kari dan <i>masala</i>	(Hema <i>et al.</i> , 2021)
<i>Effect of sterility value on qualities of Chinese braised culled steer beef in retort pouch</i>	Daging sapi sembelih jantan muda <i>braised</i>	(Kumueang <i>et al.</i> , 2020)
<i>Physicochemical and sensory properties of retort chicken curry mousse fortified with branched-chain amino acids for the elderly</i>	<i>Mousse</i> kari ayam	(Lee & Shin 2023)
<i>Optimization of process conditions for Rohu fish in curry medium in retortable pouches using instrumental and sensory characteristics</i>	Kari ikan <i>rohu</i>	(Majumdar <i>et al.</i> , 2015)
<i>Textural and sensory characteristics of retort processed freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii) in curry medium</i>	Kari udang air tawar	(Majumdar <i>et al.</i> , 2017)
<i>Retort pouch processing of Chettinad style goat meat curry – a heritage meat product</i>	Kari kambing	(Rajkumar <i>et al.</i> , 2010)
<i>Development of ready to drink calcium fortified shrimp soup in retortable pouches</i>	Sop udang	(Shashidhar <i>et al.</i> , 2016)

Sebagaimana terlihat pada Tabel 1, sebagian besar produk yang digunakan dalam kajian (64%) adalah kari; Sebanyak 36% sisanya masing-masing berupa lauk dalam minyak, *masala*, *braised*, dan sop. Proporsi jenis produk lauk berkuah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Persentase produk yang ditemukan dalam studi

Mousse kari ayam, kari kambing, dan daging sapi *braised* termasuk ke dalam kategori pangan 08.2.2. Kari, sop udang, dan ikan dengan bumbu *masala* termasuk dalam kategori pangan 09.2.4.1 (BPOM, 2023). Produk yang paling banyak digunakan dalam kajian ini adalah produk kari. Secara umum, pembuatan produk kari dimulai dari penyiapan bahan utama, penyiapan kuah kari, penggabungan bahan utama dan kuah kari ke dalam *retort pouch*, dan sterilisasi. Perlakuan awal dapat dilakukan sebelum bahan utama dimasukkan ke *retort pouch* untuk memperbaiki mutu bahan, seperti mengurangi bau tidak sedap (Abhishek et al., 2014) dan lendir (Dhanapal et al., 2010). Daging sapi *braised* dibuat dengan daging sapi jantan muda dengan kuah. Penggunaan istilah *braise* ditujukan untuk membedakan proses yang dilakukan dengan *stew*. Perbedaan kedua cara memasak ini terletak pada jumlah cairan yang digunakan dan penggunaan tutup panci. Pada cara memasak *braise*, pangan direndam sebagian dalam cairan masak, sedangkan pada *stew*, pangan direndam seluruhnya. *Braising* biasanya dikerjakan dengan menutup panci, sedangkan *stewing* dapat dilakukan dengan atau tanpa menggunakan tutup panci (Yao et al., 2022).

Bahan unik yang ada pada telaah pustaka ini adalah *garam masala*. *Garam masala* adalah racikan bumbu yang terdapat di India. *Masala* berarti rempah (Shukla & Nagendra, 2018), sedangkan *garam* berarti panas. *Garam masala* banyak ditambahkan ke sajian untuk meningkatkan aromanya. Rempah-rempah tidak hanya digunakan pada sajian, tetapi juga minuman, contohnya teh hitam yang ditambah *garam masala* (Ochanda et al., 2015). *Garam masala* yang kaya rempah ini juga digunakan sebagai pengawet produk. Pitre, (2017) menyebutkan *garam masala* mengandung bahan esensial berupa lada hitam, semanggi, kayu manis, kapulaga, bunga pala, adas, jintan, cabai merah, dan ketumbar. Di beberapa resep lainnya terdapat bunga lawang, *asafetida* (getah akar tanaman *Ferula*), dan lumut *Parmotrema* (*stone flower*). Cabai merah dapat digantikan dengan lada di India Selatan. Komposisi *garam masala* dari pasar Cairo Food terdiri atas biji ketumbar, lada hitam, cengkeh, jintan, kayu manis, kapulaga hijau, daun salam, jahe, cabai merah, beras, dan pala (Hardiyanti et al., 2020).

Karakteristik Proses Sterilisasi Produk Lauk Berkuah

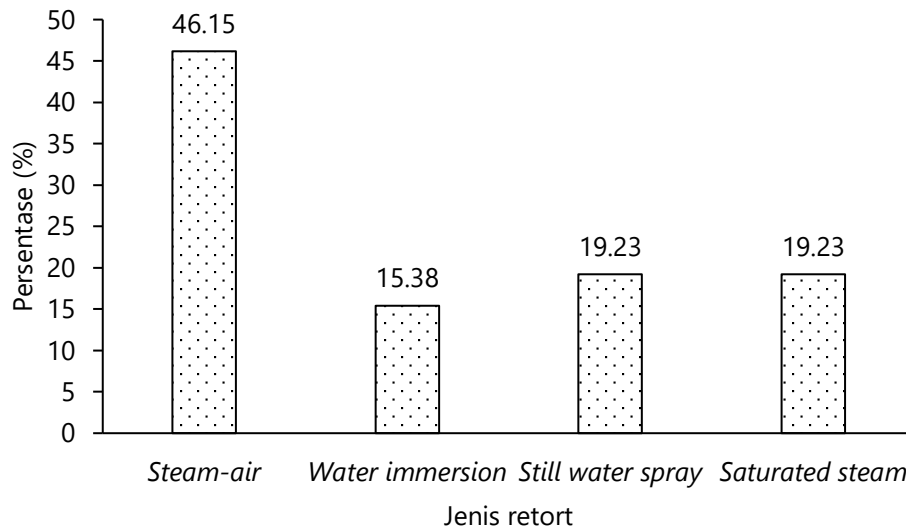
Hasil tabulasi karakteristik proses sterilisasi produk lauk berkuah menunjukkan bahwa dari sepuluh studi yang ditemukan terdapat 26 proses yang dilakukan (Tabel 2). Beberapa produk memiliki nilai F_0 yang berbeda. Perangkat *retort* dapat diklasifikasikan ke dalam *batch* atau kontinu. *Retort batch* cocok untuk produksi pangan dalam jumlah kecil sampai sedang, sedangkan *retort* kontinu cocok untuk produksi pangan dalam jumlah besar (Jimenez et al., 2024).

Tabel 2. Karakteristik produk dan proses sterilisasi dalam studi yang digunakan

No.	Produk	Bobot isi (g)	Jenis retort	Suhu sterilisasi retort (°C)	Tekanan retort (psi)	Come up time (menit)	Waktu proses yang diterapkan (menit)	F ₀ (menit)	Cook value (Cg) (menit)
1	Ikan bandeng dalam minyak	200	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	6	19.94	7.77	64.09
	Ikan bandeng dalam minyak	200	Water immersion	121.1	Tekanan berlebih	10	23.97	8.41	80.43
2	Kari ikan nila	230±5	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	7	18.16	6.1	53.94
	Kari ikan nila	230±5	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	6	21.47	6.95	64.96
	Kari ikan nila	230±5	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	7	22.28	8	73.53
	Kari ikan nila	230±5	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	7	26.75	9.17	73.53
3	Kari surimi ikan cupang-cupang sirip kuning	200	Still water spray	121	15	-	20	12.95±0.13	100.08±1.2
	Kari surimi ikan cupang-cupang sirip kuning	200	Still water spray	121	15	-	22.5	15.33±0.72	112.24±1.5
	Kari surimi ikan cupang-cupang sirip kuning	200	Still water spray	121	15	-	25	15.54±0.50	114.81±2.3
	Kari surimi ikan cupang-cupang sirip kuning	200	Still water spray	121	15	-	27.5	21.42±0.44	132.78±1.8
	Kari surimi ikan cupang-cupang sirip kuning	200	Still water spray	121	15	-	30	22.58±0.96	139.59±1.2
4	udang analog dari surimi	225±2	Steam-air	121	Tekanan berlebih	1.72	34.3	10.53	89.99

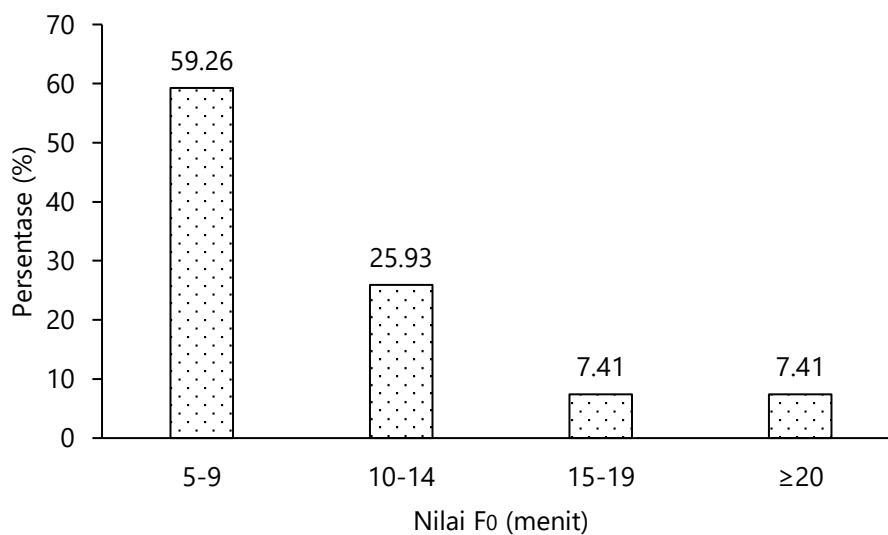
No.	Produk	Bobot isi (g)	Jenis retort	Suhu sterilisasi retort (°C)	Tekanan retort (psi)	Come up time (menit)	Waktu proses yang diterapkan (menit)	F ₀ (menit)	Cook value (Cg) (menit)
	ikan beloso								
	Kari udang analog dari surimi ikan beloso	225±2	Water immersion	121	15	1.72	42.12	10.48	108.81
5	Masala udang analog dari surimi ikan beloso	225±2	Water immersion	121	15	5	44.03	12.51	122.16
6	Daging sapi braised	330±2	Saturated steam	121	Tekanan berlebih	16	18	8	75.42
	Daging sapi braised	330±2	Saturated steam	121	Tekanan berlebih	15	20	10	87.05
	Daging sapi braised	330±2	Saturated steam	121	Tekanan berlebih	13	23	12	95.24
7	Mousse kari ayam	100	Saturated steam	121.1	29±0.007	-	30	-	-
8	Kari ikan rohu	220±10	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	7	30.64	7.18	67.21
		220±10	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	9	32.88	8.14	66.01
		220±10	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	9	35.68	9.13	70.59
9	Kari udang air tawar	200±10	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	7	34	6	87.53
		200±10	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	12	33	8	107.93
		200±10	Steam-air	121.1	Tekanan berlebih	13	40	9	117.55
10	Kari kambing	250±2	Water immersion	121.1	20±1	23	23	12.1	7535
11	Sop udang	-	Saturated steam	121	Tekanan berlebih	6	9.7	6.21	40.31

Seperti yang tertera pada Tabel 2, dari 26 proses sterilisasi yang ditemukan, jenis *retort* yang digunakan paling banyak adalah *steam-air retort* (46%), kemudian disusul dengan *still water spray retort* (19%), *saturated steam retort* (19%), dan *water immersion retort* (15%). Proses sterilisasi yang ditemukan (26 proses) dari semua studi (10 studi) dilakukan pada suhu sekitar 121°C dan tekanan berlebih pada 15 psi, 20 psi, atau tekanan berlebih lainnya. Jenis *retort* yang digunakan ada empat, yaitu *steam-air*, *water immersion*, *saturated steam*, dan *still water spray* dengan perbandingan yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Persentase *retort* yang digunakan dalam 26 proses sterilisasi produk berkuah

Pengklasifikasian jenis *retort* ini sejalan dengan pernyataan Holland, (2008). Proses *retort* yang utama melibatkan *steam*, air jatuh (*falling water*), dan perendaman air penuh (*full water immersion*). Pada *retort water immersion* dan *water spray*, air mentransfer panas dengan cara kontak langsung dengan pangan terkemas. Pada *retort saturated steam* dan *retort steam-air*, transfer panas dilakukan dengan kontak langsung *steam* atau *steam* dan udara ke produk terkemas. Kondisi yang dapat dicapai lewat penonaktifan spora dengan suhu tinggi/cara lain yang mampu membebaskan pangan dari mikroba yang dapat tumbuh dan tahan pada suhu ruang selama pengantaran dan penyimpanan disebut dengan steril komersial (BPOM, 2021). Nilai F_0 menjadi patokan dalam sterilisasi untuk menentukan suatu produk pangan disebut steril komersial/tidak. Pada Gambar 4 tersaji nilai F_0 produk lauk berkuah.



Gambar 4. Persentase nilai F_0 produk lauk berkuah

Uji penetrasi panas ke dalam produk dijadikan dasar evaluasi kecukupan panas. Produk lauk berkuah yang digunakan semuanya menghasilkan nilai F_0 lebih dari 3 menit. Apabila nilai D untuk *Clostridium botulinum* pada suhu 121.1°C adalah 0.25 menit, F_0 3 menit menunjukkan proses yang setara dengan 12 D (Hariyadi, 2017). Artinya, F_0 3 menit menunjukkan pengurangan bakteri *C. botulinum* sebanyak 12 siklus log per 3 menit. Angka F_0 ini sudah memenuhi persyaratan sterilisasi (Kusnandar *et al.*, 2023). *C. botulinum* dapat hidup di dalam makanan kaleng karena kondisi makanan di dalam kaleng sesuai dengan

sifatnya yang anaerob obligat (Hermanus *et al.*, 2015). Keberadaannya, terutama dalam pangan berasam rendah, bisa memproduksi toksin (Yuswita, 2014).

Industri pengalengan di Indonesia acapkali melakukan proses sterilisasi di atas nilai F_0 yang disyaratkan. Karena itu, persyaratan keamanan pangan produk kaleng akan lebih efektif apabila patokan yang digunakan berasal dari nilai F_0 , bukan angka lempeng total (Sumarto *et al.*, 2014). Pemberian F_0 yang lebih dari 3 menit ditujukan untuk melunakkan tulang serta mendapatkan kualitas sensori yang diinginkan konsumen pada seluruh jenis produk perikanan (Mohan *et al.*, 2015). Nilai F_0 rekomendasi produk perikanan adalah 5–20 menit (Mohan, 2018), sedangkan pada produk daging adalah 8–20 menit (Frott dan Lewis, 1994).

Pengaruh Jenis *Retort* terhadap Parameter Proses Sterilisasi Produk Lauk Berkuah

Beberapa kekurangan dan kelebihan *retort water immersion*, *steam-air*, *saturated steam*, dan *water cascade/spray* dibahas pada Tabel 3. Seluruh perangkat sterilisasi yang digunakan dalam studi menggunakan tekanan berlebih. Tekanan diberikan ke semua jenis *retort* untuk menaikkan titik didih air dan memungkinkan suhu tinggi. Beberapa metode, termasuk yang menggunakan air, membuat tekanan berlebih untuk mencegah deformasi kemasan (Mosna & Vignali, 2015). Tekanan pada perangkat *retort* lebih tinggi daripada panci presto karena katup penahan tekanan uap panci presto tidak mampu menahan tekanan yang setara dengan tekanan pada perangkat *retort*. Ketika tekanan berlebih diaplikasikan, uap air akan bergerak dengan cepat dan menekan produk pangan sehingga pangan menjadi lebih lunak. Untuk membuat tekanan di dalam kemasan dan di luar kemasan seimbang serta menjaga *retort* agar tidak rusak, diterapkan tekanan berlebih.

Tabel 3. Kelebihan dan kekurangan metode pemanasan beberapa jenis *retort*

Jenis <i>retort</i>	Proses	Kelebihan	Kekurangan
<i>Water immersion</i>	Merendam produk terkemas secara parsial/penuh dalam air panas	Cocok untuk kebanyakan produk, resirkulasi air memastikan distribusi panas yang seragam, dapat mengendalikan <i>container</i> yang mengapung, lebih efisien pada kecepatan tinggi	Memerlukan sirkulasi air untuk menjamin distribusi panas yang seragam, biaya pembuatan keranjang yang meningkat untuk perendaman penuh, kurang adaptif
<i>Water cascade/spray</i>	Air disemprotkan di bawah tekanan di atas <i>tray</i> untuk membuat pemanasan uap tidak langsung	Panas <i>steam</i> secara tidak langsung terdistribusi merata	Memerlukan suplai air bertekanan
<i>Steam-air</i>	Menggunakan campuran uap dan air	Pemanasan yang cepat, waktu proses yang singkat	Kontrol tekanan dan suhu yang bebas, memerlukan pengetahuan teknis yang mumpuni
<i>Saturated steam</i>	Injeksi uap jenuh, uap murni	Menjamin produk tidak mendapat panas yang kurang/berlebihan	Memerlukan pengeluaran udara

Sumber: Holland, (2008); Mosna & Vignali, (2015)

Perbedaan tingkat penetrasi panas antara *steam-air retort* dan *water immersion retort* dapat dihubungkan dengan mode transfer panas. Transfer panas pada *water immersion retort* berlangsung secara konduksi. Sementara itu, *steam-air retort* memfasilitasi transfer panas secara konduksi dan konveksi (Adepoju *et al.*, 2017). Transfer panas pada konveksi terjadi melalui pergerakan cairan, udara, atau uap di

sekitar pangan, sedangkan transfer panas pada konduksi terjadi dengan kontak fisik langsung. Reduksi waktu proses dan laju penetrasi panas yang lebih cepat membuat *steam-air retort* lebih baik digunakan daripada *water immersion retort* (Adepoju *et al.*, 2017). Parameter proses sterilisasi produk dengan jenis metode *retort* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh jenis metode *retort* yang berbeda terhadap parameter proses sterilisasi produk ikan *beloso* dan ikan bandeng

Parameter	<i>Steam-air retort</i>		<i>Water immersion retort</i>		
	Media kari ^a	Media minyak ^b	Media kari ^a	Media masala ^a	Media minyak ^b
<i>Come up time</i> (CUT) (menit)	1.72	6	1.72	5	10
Waktu proses total (TPT) (menit)	35.99	25.82	43.81	50.93	33.77
<i>Heating rate index</i> (f_h) (menit)	19	11	26	28	17
<i>Heating lag factor</i> (J_h)	1.48	0.88	1.26	1.34	0.56
<i>Cooling lag factor</i> (J_c)	1.008	0.99	0.97	1.086	0.93
Nilai sterilisasi (g)	1.80	0.58	2.48	2.24	1.09
Nilai F_0 (menit)	10.53	7.77	10.48	12.51	8.41
<i>Cook value</i> (Cg) (menit)	89.99	64.09	108.81	122.16	80.43
Waktu proses (B) (menit)	34.99	22.34	42.81	48.03	27.97
Rasio <i>cook value</i> / F_0	8.54	8.25	10.38	9.76	9.56

Sumber: ^aHema *et al.*, 2021 (ikan *beloso*); ^bAdepoju *et al.*, 2017 (ikan bandeng)

Nilai f_h untuk pemanasan konvektif (*steam-air retort*) dipengaruhi oleh suhu media pemanas. Adanya media *masala* dan minyak membuat perbedaan komposisi bahan yang membuat nilai f_h lebih besar, baik menggunakan *steam-air retort* atau *water immersion retort*. *Heating lag factor* (J_h) adalah faktor waktu keterlambatan sebelum kurva pemanasan menjadi lurus. Semakin tinggi nilainya, semakin lama penetrasi panas dan semakin lambat pendinginan produk (Mohan *et al.*, 2015). Hal serupa dilaporkan oleh Adepoju *et al.*, (2017).

Waktu proses adalah waktu yang digunakan mesin *retort* untuk sterilisasi produk ketika suhunya konstan. Waktu proses yang paling sedikit terdapat pada kari ikan *beloso* dengan *steam-air retort*. Hasil ini dapat dikaitkan dengan *come up time* yang lebih cepat yang menghasilkan penetrasi panas lebih cepat (Hema *et al.*, 2021). Hasil serupa ditunjukkan dalam studi ikan bandeng yang mendapati waktu proses ikan bandeng dengan perantara minyak lebih singkat dalam *steam-air retort* daripada *water immersion retort*.

Cook value adalah nilai yang memberi gambaran pengaruh proses sterilisasi pada makanan sehubungan dengan penurunan nutrisi; Nilai tersebut harus dijaga seminimal mungkin karena semakin besar nilainya, semakin menurun nutrisi produk (Mohan *et al.*, 2015). *Steam-air retort* dapat menjaga nutrisi kari ikan *beloso* dengan lebih baik dengan nilai *cook value* yang lebih rendah daripada *water immersion retort*. Hasil serupa telah dilaporkan pada ikan bandeng yang memiliki nilai *cook value* lebih kecil, baik dengan atau tanpa media pemanas. Seluruh kemasan yang digunakan dalam studi ini berupa *retort pouch* dengan dimensi 15×20 cm 16×20 cm, atau 16×19 cm. Konfigurasi lapisan kemasan dari dalam ke luar berturut-turut adalah polipropilena, nilon, foil aluminium, dan polietilena *tereftalat* (PET). Pemberian lapisan dengan bahan yang berbeda bertujuan meningkatkan properti kemasan, misalnya poliester yang memudahkan pencetakan kemasan, aluminium yang melindungi pangan dari cahaya, bau, dan gas, nilon yang tahan panas, kimia, benturan, dan permeabilitas gas yang rendah, dan polipropilena yang memiliki sifat segel panas yang baik.

Pengaruh Proses Sterilisasi terhadap Mutu Fisik Produk Lauk Berkuah

Perubahan mutu fisik produk lauk berkuah akibat proses sterilisasi perlu diperhatikan karena perubahan yang terlalu signifikan dapat memengaruhi kesukaan konsumen. Dari telaah pustaka, diperoleh dua artikel yang membahas perubahan mutu fisik dengan parameter yang seragam. Mutu fisik produk kari dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh proses sterilisasi terhadap karakteristik fisik produk

Produk	Parameter	Sebelum proses sterilisasi	Sesudah proses sterilisasi	Referensi
Mousse kari ayam	Warna L	63.88 ^a	58.06±0.13 ^b	(Lee & Shin, 2023)
	Warna a*	-2.28±0.08 ^a	1.96±0.14 ^b	
	Warna b*	39.81±0.23 ^a	36.04±0.69 ^b	
	Kekerasan	5.17±0.11 ^a	4.39±0.45 ^b	
	Adhesiveness	8.43±0.36 ^a	5.08±0.40 ^b	
	Gumminess	2.66±0.05 ^a	2.04±0.19 ^b	
Kari kambing	Viskositas (mPa.s)	8960	7680	(Rajkumar et al., 2010)
	Warna L	51.3±0.30 ^a	44.3±0.22 ^b	
	Warna a*	14.6±0.06 ^a	11.9±0.11 ^b	
	Warna b*	43.0±0.24 ^a	34.9±0.30 ^b	
	Kekerasan (kgf)	1.27±0.02	0.73±0.02	
	Hue	71.2±0.12	71.1±0.22	
	Chroma	45.4±0.23 ^a	36.9±0.29 ^b	
	Chewiness (kgf/mm)	0.82±0.02 ^a	0.43±0.01 ^b	
	Cohesiveness	0.56±0.01 ^a	0.32±0.01 ^b	
	Springiness (mm)	0.75±0.01 ^a	0.53±0.02 ^b	

Selain membunuh mikroba, proses sterilisasi juga berfungsi memperbaiki penerimaan sensori produk. Nilai kekerasan *mousse* kari ayam dan kari kambing menurun yang menunjukkan kedua produk menjadi lebih lunak setelah proses sterilisasi. Perubahan negatif yang terlihat adalah memudarnya warna *mousse* kari ayam (Lee & Shin, 2023). Warna daging dilaporkan menjadi lebih pucat karena terbentuknya *ferrihemochrome* (Izzah et al., 2024). Reaksi Maillard antara asam amino bebas dengan gula pereduksi mengurangi nilai L. Kenaikan nilai a* disebabkan oleh pigmen likopena yang diekstraksi dengan lebih baik serta reaksi pencokelatan non enzimatis. Proses sterilisasi pada *mousse* kari ayam memicu ekstraksi pigmen likopena dengan lebih baik akibat keberadaan pigmen pirolisis (Anese et al., 2002). Kendati warna a* dilaporkan menurun pada studi Rajkumar et al., (2010), hasil serupa ditemukan pada hasil studi Bindu et al., (2007) yang menyatakan reaksi Maillard dapat mengurangi skor warna dari produk *retort*.

Berdasarkan hasil yang ada pada dua studi, *mousse* kari ayam yang diproses *retort* tidak berpengaruh secara atribut sensori dibandingkan yang tidak diproses *retort*. Preferensi warna pada panelis tidak terpengaruh secara signifikan akibat *mousse* kari ayam yang telah diproses sterilisasi (Lee & Shin, 2023). Hasil skor sensori kari kambing yang diproses *retort* menunjukkan panelis menyukai kari kambing tersebut. Jadi, meski terdapat perubahan warna, panelis tetap menyukai produk hasil sterilisasi. Cara yang dapat dilakukan untuk meminimalkan perubahan warna adalah dengan menggunakan sterilisasi suhu ultra tinggi (UHT). Kontak produk dengan panas menjadi lebih singkat, tetapi produk tetap terpenuhi proses sterilisasinya sehingga warna produk tidak terlalu berubah. Penelitian oleh Zhu et al., (2021) menunjukkan bahwa daging yang diproses dengan metode UHT menunjukkan nilai L* (kecerahan) dan a* yang lebih baik dibandingkan dengan daging yang disterilkan secara konvensional, yang berkontribusi pada daya tarik visual produk.

Perubahan tekstur produk lauk berkuah setelah proses sterilisasi juga dapat dilihat pada Tabel 5. Terdapat berbagai istilah yang berkaitan dengan tekstur produk. Kekerasan adalah gaya yang diperlukan untuk mencapai deformasi pangan. Kekerasan adalah gaya yang diperlukan untuk mengubah bentuk (*deform*) atau memasukkan (*penetrate*) makanan antara lidah dan langit-langit mulut untuk pangan semipadat (Lee & Shin, 2023) atau gaya yang diperlukan untuk mengompresi pangan di antara gigi geraham untuk pangan padat. Semakin tinggi nilai kekerasan pada produk menunjukkan bahwa produk memiliki tekstur yang lebih keras dan lebih sulit untuk dikunyah. Pengurangan nilai kekerasan terlihat pada produk *mousse* kari ayam dan kari kambing. Pengurangan nilai kekerasan menunjukkan tekstur kari yang memulus (*smooth*) dan melembut (*soft*) (Bepary & Wadikar, 2017). Proses panas menyebabkan denaturasi protein dan rusaknya dinding sel serta pelembutan kekuatan mekanis *mousse* (Bepary et al., 2022).

Perlakuan panas selama pemasakan dapat membuat gelatinisasi kolagen otot dan destruksi sel otot (Ando, 1997).

Adhesiveness merupakan gaya yang diperlukan untuk menarik pangan dari permukaan. *Adhesiveness* menunjukkan gaya yang diperlukan untuk melepas pangan dari mulut (secara umum langit-langit mulut). *Adhesiveness* adalah sebuah gaya yang meninggalkan rasa lengket di mulut yang sulit dihapus (Ong *et al.*, 2018). Semakin tinggi nilainya, semakin lengket produk di langit-langit mulut. Penurunan nilai *adhesiveness* dari 8,43 ke 5,08 berarti *mousse* kari ayam menjadi tidak selengket sebelum diproses sterilisasi. Hal ini menunjukkan hasil positif karena dapat mengurangi risiko tersedak dan usaha yang diperlukan untuk menelan pada pasien disfagia (Cichero, 2016).

Cohesiveness adalah kekuatan ikatan internal yang membentuk *body* pangan. *Cohesiveness* adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana produk dapat berubah bentuk sebelum pecah (Yuan *et al.*, 2016; Mudgil *et al.*, 2017). Di dalam kasus produk *mousse* kari ayam, *cohesiveness* merujuk pada kecenderungan *mousse* untuk menggumpal di mulut. Angka yang semakin tinggi menunjukkan *mousse* semakin mudah menggumpal di mulut. Pasien disfagia menyukai *cohesiveness mousse* kari ayam yang telah diproses sterilisasi (Lee & Shin, 2023). Produk kari kambing dengan *cohesiveness* yang tinggi akan memiliki tekstur yang lebih kompak dan tidak mudah hancur. Nilai *cohesiveness* diketahui menurun pada kari kambing setelah proses sterilisasi. Angka *cohesiveness* yang menurun dapat disebabkan gelatinisasi kolagen otot dan destruksi sel otot selama pemasakan.

Springiness menunjukkan sifat/kemampuan pangan kembali ke bentuk semula setelah digigit (Yuan *et al.*, 2016; Mousavi *et al.*, 2019). Produk dengan *springiness* yang tinggi akan memiliki tekstur yang lebih elastis dan dapat kembali ke bentuk aslinya dengan cepat setelah ditekan atau diregangkan. Sebaliknya, produk dengan *springiness* yang rendah akan memiliki tekstur yang lebih kaku dan tidak dapat kembali ke bentuk aslinya dengan cepat. Penurunan nilai *springiness* yang terjadi pada produk kari kambing setelah proses sterilisasi disebabkan gelatinisasi kolagen otot dan destruksi sel otot selama pemasakan, juga denaturasi protein (Sreenath *et al.*, 2006).

Gumminess merupakan energi yang dibutuhkan untuk mengunyah pangan semipadat sampai siap ditelan (Dalia & Eshra 2017; Sari & Rafisa, 2023). Contoh pangan semipadat adalah cokelat, madu, selai kacang (Mondal *et al.*, 2014), yoghurt (Whaley *et al.*, 2019), *puree* (Creed-Kanashiro *et al.*, 2016), *salad dressing* (Avci *et al.*, 2024), olesan mentega, saus, mayones, telur orak-arik, daging tanpa lemak yang diblender, dan bubur bayi. *Gumminess* menunjukkan kepadatan pangan yang bertahan selama pengunyahan. *Gumminess* pada produk *mousse* kari ayam mencerminkan gaya yang diperlukan untuk mengunyah pangan semi padat sampai siap ditelan. Nilai *gumminess* yang semakin kecil artinya produk *mousse* kari ayam semakin mudah ditelan dan memerlukan kunyahan yang lebih sedikit. Kari ayam dengan nilai *gumminess* yang tinggi dapat berbahaya karena penderita disfagia yang mengonsumsinya berisiko tersedak dan kehabisan napas (Malouh *et al.*, 2020).

Chewiness merupakan energi yang diperlukan untuk mengunyah pangan padat sampai siap ditelan (Nishinari & Fang, 2018; Sari & Rafisa, 2023). Contoh pangan padat adalah *salami*, biskuit, roti gepeng (Fabbri *et al.*, 2014), *patty* burger, nasi dengan saus kari (Lyu *et al.*, 2023), kacang, daging semur, ayam goreng, dan kuaci. Produk makanan yang memiliki *chewiness* yang tinggi akan memerlukan lebih banyak kunyahan sebelum dapat ditelan. *Chewiness* pada kari kambing yang menurun berarti kari kambing menjadi lebih mudah ditelan karena membutuhkan kunyahan yang lebih sedikit. Hal ini dapat terjadi karena gelatinisasi kolagen otot, destruksi sel otot, dan denaturasi protein.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tinjauan sistematis dari sepuluh artikel menunjukkan proses sterilisasi produk lauk berkuah dilakukan pada suhu 121°C, tekanan berlebih pada rentang 15–29 psi, dan nilai F_0 yang di atas standar minimal pada rentang 5–21 menit. Jenis *retort* yang digunakan dalam produk lauk berkuah adalah *retort overpressure* seperti *steam-air*, *water immersion*, *still water spray*, dan *saturated steam*. Proses sterilisasi terbukti meningkatkan nilai tekstur produk *mousse* kari ayam karena kekerasannya berkurang, tetapi membuat daging kambing menjadi lebih pucat. *Steam-air retort* mampu menjaga nutrisi produk dengan nilai *cook value* yang lebih rendah dibandingkan pada *water immersion retort*. Untuk mendapatkan hasil

telaah yang lebih luas, diperlukan data primer yang lebih banyak terkait pengaruh proses sterilisasi terhadap mutu fisik produk lauk berkuah. Pengukuran perubahan mutu fisik dapat dilakukan secara menyeluruh untuk setiap produk lauk berkuah agar ketika dilakukan telaah pustaka lanjutan lebih banyak data yang dapat diolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abelha, M., Fernandes, S., Mesquita, D., Seabra, F., & Ferreira-Oliveira, A. T. (2020). Graduate employability and competence development in higher education— A systematic literature review using PRISMA. *Sustainability*, 12(15), 5900. <https://doi.org/10.3390/su12155900>
- Abhishek, V., Kumar, R., George, J., Nataraju, S., Lakshmana, J. H., Kathiravan. T., Madhukar, N., & Nadasabapathi, S. (2014). Development of retort process for ready-to-eat (RTE) soy-peas curry as a meat alternative in multilayer flexible retort pouches. *Internasional Food Research Journal*, 21(4), 1553–1558.
- Adepoju M, A., Omitoyin, B. O., Mohan, C. O., & Zynudheen, A. A. (2017). Heat penetration attributes of milkfish (*Chanos chanos*) thermal processed in flexible pouches: a comparative study between steam application and water immersion. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 521–524. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.426>
- Ando, M. (1997). Correspondence of collagen on the heat induced softening of frozen thawed cuttle fish *Sepia officinalis* mantle. *Journal of Home Economics of Japan*, 48, 315–321. <https://doi.org/10.11428/jhej1987.48.315>
- Anese, M., Falcone, P., Fogliano, V., Nicoli, M. C., & Massini, R. (2002). Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato puree. *Journal of Food Science*, 67(9), 3442–3446. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09603.x>
- Anwar, S., Hifdha, R., Rohaya, S., & Hasan, H. (2021). Kualitas tuna kaleng dari perairan aceh yang disterilisasi dengan pressure canner. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 16(1), 73. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v16i1.705>
- Avci, E., Akcicek, A., Tekin, Cakmak, Z. H., Kasapoglu, M. Z., Sagdic, O., & Karasu, S. (2024). Isolation of protein and fiber from hot pepper seed oil byproduct to enhance rheology, emulsion, and oxidative stability of low-fat salad dressing. *ACS Omega*, 9(9), 10243–10252. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07410>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2019). *Protokol validasi kecukupan proses panas pangan steril komersial yang diolah dan dikemas secara aseptik*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. ISBN: 978-602-0909-68-4
- Bepary, R. H., & Wadikar, D. D. (2017). Optimization of rice bean cooking parameters for the production of instant/convenience foods using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(3), 13547. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13547>
- Bepary, R. H., Wadikar, D. D., Vasudish, C. R., Semwal, A. D., & Sharma, G.K. (2022). Ranking based formula optimization, quality investigation, and real-time shelf-life prediction of ready-to-eat ricebean (*Vigna umbellata*) curry. *Journal of Food Science and Technology*, 59(11), 4390–4404. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05519-9>
- Bindu, J., Ravishankar, C. N., & Gopal, T. K. S. (2007). Shelf life evaluation of a ready-to-eat black clam (*Villorita cyprinoides*) product in indigenous retort pouches. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 995–1000. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.040>
- Bindu, J., Mallick, A. K., & Gopal T. K. S. (2014). Thermal processing of fishery products in flexible and rigid containers. *Fishery Technology*, 51, 137–148.

- Cichero, J. A. Y. (2016). Adjustment of food textural properties for elderly patients. *Journal of Texture Studies*, 47(4), 277–283. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12200>
- Chinesta, F., Torres, R., Ramón, A., Rodrigo, M. C., Chinesta, F., Torres, R., Ramón, A., Rodrigo, M. C., Homog-, M. R., Chinesta, F., Torres, R., Ramon, A., & Carmen, M. (2018). Homogenized thermal conduction model for particulate foods. *Journal of Food Engineering*, 80, 80–95.
- Creed-Kanashiro, H., Bartolini, R., Abad, M., & Arevalo, V. (2016). Promoting multi-micronutrient powders (MNP) in Peru: acceptance by caregivers and role of health personnel. *Maternal & Child Nutrition*, 12(1), 152–163. <https://doi.org/10.1111/mcn.12217>
- Dalia, & Eshra, H. (2017). Bio-texturisation of soy protein isolate. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 14(2), 9–16. <https://doi.org/10.12816/AJFS.2017.16281>
- Dhanapal, K., Reddy, G. V. S., Nayak, B. B., Basu, S., Shashidhar, G., Venkateshwarlu, G., & Chouksey, M. K. (2010). Quality of ready to serve tilapia fish curry with PUFA in retortable pouches. *Journal of Food Science*, 75(7), S348–S354. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01762.x>
- Fabbri, A., Cevoli, C., & Troncoso, R. (2014). Moisture diffusivity coefficient estimation in solid food by inversion of a numerical model. *Food Research International*, 56, 63–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.002>
- Frott, R., & Lewis, A. S. (1994). *Canning of meat and fish products*. London: Chapman and Hall. ISBN: 978-0-8342-1291-6.
- Hardiyanti, R., Sari, A. R., Norsita, D. I., & Bachtiar, W. F. (2020). The effect of *garam masala* levels addition on chocolate based functional beverage. *Journal of Applied Food Technology*, 7(1), 5–8. <https://doi.org/10.17728/jaft.7132>
- Hariyadi, P. (2008). The food-canning industry in Indonesia: need for safety assurance regulation and quality optimisation. *Food Manufacturing Efficiency*, 2(1), 45–48. <https://doi.org/10.1616/1750-2683.0027>
- Hariyadi, P. (2017). *Teknologi proses termal untuk industri pangan*. Bogor: Media Pangan Indonesia Bogor. ISBN: 978-602-73071-3-1. <https://doi.org/978-602-73071-3-1>
- Hema, K., Shakila, R. J., Shanmugam, S. A., & Jeevithan, E. (2015). Processing and storage of restructured surimi stew product in retortable pouches. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1283–1289. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1154-0>
- Hema, K., Velayutham, P., Mohan, C. O., Sukumar, D., Sundaramoorthy, B., Athithan, S., Sugumar, G., Ravishankar, C. N., & Kumar, K. A. (2021). Thermal process evaluation of analogue shrimp product (ASP) from lizard fish (*Saurida tumbil*) in retort pouches. *Indian Journal of Animal Research*, 55(2), 230–235. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-3898>
- Hermanus, M. B., Polii, B., & Mandey, L. C. (2015). Pengaruh perlakuan aerob dan anaerob terhadap variabel BOD, COD, pH, dan bakteri dominan limbah industri *dessicated coconut* PT Global Coconut Radey, Minahasa Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 3(2), 48–59.
- Holland, C. (2008). Advances in retort equipment and control systems. In Richardson, P. (Ed), *Pack processed foods* (pp. 71–85). ISBN: 9781845692469. <https://doi.org/10.1533/9781845694692.2.71>
- Izzah, A. N., Nurtiana, W., Ningrum, M. A., Anggraeni, S., Nugroho, I., Hasanah, A. S., Alfidah, R., & Febriyani, R. (2024). Effect of beef treatment at different temperatures on myoglobin changes: a brief review. *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.21070/jtfat.v5i01.1620>
- Jimenez, P. S., Bangar, S. P., Suffern, M., & Whiteside, W. S. (2024). Understanding retort processing: a review. *Food Science & Nutrition*, 12, 1545–1563. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3912>

- Kautsar, S., Suryaningsih, W., Bakri, A., Hariono, B., Brilliantina, A., & Wijaya, R. (2022). Sistem *monitoring* berbasis desktop untuk perangkat *mini exhausting* pada proses pengalengan ikan. *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 4(1), 47–53. <https://doi.org/10.35746/jtim.v4i1.200>
- Kuda, T., & Yano, T. (2009). Changes of radical-scavenging capacity and ferrous reducing power in chub mackerel *Scomber japonicus* and Pacific saury *Cololabis saira* during 4°C storage and retorting. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1070–1075. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.005>
- Kumar, R., Johnsy, G., Dhananjay, K., Jayaprahash, C., Nataraju, S., Lakshmana, J. H., Kumaraswamy, M. R., Kathiravan, T., Rajamanickam, R., & Madhukar, N., *et al.*. (2015). Development and evaluation of egg based ready-to-eat (RTE) products in flexible retort pouches. *African Journal of Food Science*, 9(4), 243–251. <https://doi.org/10.5897/AJFS2013.1118>
- Kumueang, C., Tangwatcharin, P., & Sorapukdee, S. (2020). Effect of sterility value on qualities of Chinese braised culled steer beef in retort pouch. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(6), 1415–1424.
- Kusnandar, F., Dafi, H. H., Rahayu, W. P., & Irmawan, D. (2023). Evaluasi kecukupan panas dan pengembangan proses alternatif dalam sterilisasi komersial jamur kancing dalam kaleng. *Jurnal Mutu Pangan*, 10(2), 100–107. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2023.10.2.100>
- Lee, E. B., & Shin, W. S. (2023). Physicochemical and sensory properties of retort chicken curry mousse fortified with branched-chain amino acids for the elderly. *LWT-Food Science and Technology*, 185, 115133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115133>
- Lee, E. S., Park, S. Y., Jeong, Y. G., Jo, B. C., Kim, M., & Ha, S. D. (2015). Quality evaluation and estimation of shelf life of retort-pouched tomato-based and Korean traditional fermented food-based sauces. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 58(2), 229–236. <https://doi.org/10.1007/s13765-015-0035-9>
- Lee, J. H., Lee, J. H., & Lee, K. T. (2014). Physicochemical and sensory characteristics of samgyetang retorted at different F_0 values during storage at room temperature. *Korean Journal of Food Preservation*, 21(4), 491–499.
- Lyu, C., Hendriks, A., Geary, L. N., Forde, C. G., & Stieger, M. (2023). Getting hot: effect of chili pepper addition on sensory perception of liquid and solid foods. *Journal of Food Science*, 88, A158–A171. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16425>
- Majumdar, R. K., Dhar, B., & Roy, D. (2015). Optimization of process conditions for rohu fish in curry medium in retortable pouches using instrumental and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5671–5680. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1673-3>
- Majumdar, R. K., Roy, D., & Saha, A. (2017). Textural and sensory characteristics of retort-processed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in curry medium. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2487–2498. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1242139>
- Malouh, M. A., Cichero, J. A., Manrique, Y. J., Crino, L., Lau, E. T., Nissen, L. M., & Steadman, K., J. (2020). Are medication swallowing lubricants suitable for use in dysphagia? Consistency, viscosity, texture, and application of the international dysphagia diet standardization initiative (IDDSI) framework. *Pharmaceutics*, 12(10), 924. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12100924>
- Mohan, C. O., Remya, S., Murthy, L. N., Ravishankar, C. N., & Asok, K. K. (2015). Effect of filling medium on cooking time and quality of canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food Control*, 50, 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.030>
- Mohan, C. O. (2018). Thermal processing of fishes. Paper presented at Compendium of lectures: ICAR sponsored Winter School on 'Enhancing farm income through entrepreneurship development in fishing and fish processing', ICAR-CIFT (pp. 229–242). Cochin, IN.

- Mondal, A., Buchanan, R. L., & Lo, Y. M. (2014). Computational fluid dynamics approaches in quality and hygienic production of semisolid low-moisture foods: a review of critical factors. *Journal of Food Science*, 79(10), R1861–R1870. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12648>
- Mosna, D., & Vignali, G. (2015). Three-dimensional CFD simulation of a “steam water spray” retort process for food vegetable products. *International Journal of Food Engineering*, 11(6), 715–729. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0062>
- Mousavi, M., Heshmati, A., Garmakhany, A. D., Vahidinia, A., & Taheri, M. (2019). Texture and sensory characterization of functional yogurt supplemented with flaxseed during cold storage. *Food Science & Nutrition*, 7, 907–917. <https://doi.org/10.1002/fsn3.805>
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2017). Texture profile analysis of yogurt as influenced by partially hydrolyzed guar gum and process variables. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3810–3817. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2779-1>
- Nishinari, K., & Fang, Y. (2018). Perception and measurement of food texture: solid foods. *Journal of Texture Studies*, 49, 160–201. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12327>
- Ochanda, S. O., Wanyoko, J. K., & Ruto, H. K. (2015). Antioxidant capacity and consumer acceptability of spiced black tea. *Journal of Food Research*, 4(6), 104–112. <https://doi.org/10.5539/jfr.v4n6p104>
- Ong, J. J. X., Steele, C. M., & Duizer, L. M. (2018). Sensory characteristics of liquids thickened with commercial thickeners to levels specified in the International Dysphagia Diet Standardization Initiative (IDDSI) framework. *Food Hydrocolloids*, 79, 208–217. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.035>
- Pachira, P., Hartanti, L., & Syamsi, W. W. (2021). Sterilisasi *pacri* nanas menggunakan kemasan *retort pouch*. *Jurnal Teknologi Pangan*, 4(2), 50–57. <https://doi.org/10.26418/jft.v4i2.56719>
- Palawe, J. and Mandeno, J. (2020). Pengaruh radiasi sinar ultraviolet tipe c (UVC) terhadap kultur total mikroba ikan asap *pinekuhe*. *Jurnal Ilmiah Tindalung*, 6(2), 42–45. <https://doi.org/10.54484/jit.v6i2.395>
- [Perka-BPOM] Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2021 Tentang Persyaratan Pangan Olahan Berasam Rendah Dikemas Hermetis. (2021).
- [Per-BPOM] Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2023 Tentang Kategori Pangan. (2023).
- Pitre, U. (2017). *Indian instant pot*. New York, US: Rockridge Press. ISBN: 9781939754547.
- Pursito, D. J., Purnomo, E. K., Fardiaz, D., & Hariyadi, P. (2022). The effect of sterility values and retort temperatures on the change of physical and sensory properties of a canned mushroom product. *International Journal of Food Studies*, 11, 260–274. <https://doi.org/10.7455/ijfs/11.2.2022.a1>
- Rajkumar, V., Dushyanthan, K., & Das, A. K. (2010). Retort pouch processing of chettinad style goat meat curry – a heritage meat product. *Journal of Food Science and Technology*, 47(4), 372–379. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0062-9>
- Sari, K. I., & Rafisa, A. (2023). Chewing and swallowing patterns for different food textures in healthy subjects. *International Journal of Dentistry*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2023/6709350>
- Shashidhar, K., Biji, K. B., Ravishankar, C. N., & Gopal, T. K. (2016). Development of ready to drink calcium fortified shrimp soup in retortable pouches. *Indian Journal of Fisheries*, 63(1), 95–101. <https://doi.org/10.21077/ijf.2016.63.1.43335-13>
- Shukla, A., & Nagendra, Y. (2018). Role of Indian spices in Indian history. *International Journal of Management Reviews*, 8(11), 1–6.
- Silaturahmi, A. (2024). Penentuan kecukupan panas (F_0) pada olahan pangan melalui uji *Salmonella sp.* *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 10(3), 693–703. <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i3.6247>

- Sreenath, P. G., Martin, X. K. A., Ravishankar, C. N., Bindu, J., & Srinivasa Gopal, T. K. (2006). Standardisation of process parameters for ready-to-eat squid masala in indigenous polymer-coated tin-free steel cans. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 1148–1155.
- Suhaili, R. (2021). Analisis kadar logam berat (Fe, Zn, Pb, Cd) dan nilai risiko kesehatan dalam buah kemasan kaleng. *Chempublish Journal*, 6(1), 22–33. <https://doi.org/10.22437/chp.v6i1.12148>
- Sumarto, S, Hariyadi, P, & Purnomo, E. H. (2014). Kajian proses perumusan standar dan peraturan keamanan pangan di Indonesia. *Pangan*, 23(2), 108–119. <https://doi.org/10.33964/jp.v23i2.55>
- Syarif, R. H., Tangke, U., Daeng, R. A., & Usman, H. (2023). Penentuan umur simpan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) rica-rica dalam kemasan kaleng. *Jurnal Sains Sosial dan Humaniora*, 3(1), 33–44. <https://doi.org/10.52046/jssh.v3i1.1538>
- Triyannanto, E., Arizona, A. S., Suryanto, R. E., Sujarwanta, R. O., Jamhari, & Widyastuti, I. (2020). Pengaruh kemasan *retorted* dan penyimpanan pada suhu ruang terhadap kualitas fisik dan mikrobiologi satai ayam. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 15(3), 265–272. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.15.3.265-272>
- Virat, A., Kumar, R., George, J., Nataraju, S., Lakshmana, J. H., & Kathiravan, N. S. N. (2014). Development of retort process for ready-to-eat (RTE) soy-peas curry as a meat alternative in multilayer flexible retort pouches. *International Food Research Journal*, 21(4), 1553–1558.
- Whaley, J. K., Templeton, C., Anvari, M. (2019). Rheological testing for semisolid foods: traditional rheometry. Dalam H. Joyner (Ed), *Rheology of semisolid foods. Food engineering series* (hal. 63–96). ISBN: 9783030271343. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27134-3_3
- Yao, W., Cai, Y., Liu, D., Chen, Y., Li, J., Zhang, M., Chen, N., & Zhang, H. (2022). Analysis of flavor formation during production of Dezhou braised chicken using headspace-gas chromatography-ion mobility spec-trometry (HS-GC-IMS). *Food Chemistry*, 370, 130989. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130989>
- Yuan, C., Du, L., Zhang, G., Jin, Z., & Liu, H. (2016). Influence of cyclodextrins on texture behavior and freeze-thaw stability of kappa-carrageenan gel. *Food Chemistry*, 210, 600–605. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.014>
- Yuswita, E. (2014). Optimasi proses termal untuk membunuh *Clostridium botulinum*. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3), 1–2.
- Zhu, Y., Wu, H., Wang, F., Jiang, S., Lin, L., & Lu, J. (2021). Effect of different sterilization methods on sensory quality and volatile flavor of flavor crab meat sauce. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 13(3), 1–9. <https://doi.org/10.15586/qas.v13i3.896>