

BAB_1

by shanti lestari

Submission date: 09-Apr-2025 10:07AM (UTC+0700)

Submission ID: 2639904768

File name: BAB_1_Pendahuluan_Ilmu_dan_Teknologi_Pangan.docx (72.34K)

Word count: 3668

Character count: 25525

BAB 1

Pendahuluan Ilmu dan Teknologi Pangan

Oleh Shanti Dwita Lestari

2.1 Definisi Ilmu dan Teknologi Pangan

Ilmu dan Teknologi Pangan mengkaji karakteristik fisik, kimia, dan biologis bahan pangan serta pengembangan metode-metode untuk mengolah, meningkatkan nilai tambah, serta mengawetkan pangan secara aman, bergizi, dan berkelanjutan. Sebagai bidang multidisiplin, aplikasi Ilmu dan Teknologi Pangan mencakup seluruh rantai pangan secara holistik, mulai dari tahap pascapanen, transformasi bahan mentah menjadi produk pangan bernilai tambah, hingga produk sampai ke tangan konsumen.

Secara esensial, ilmu pangan berfokus pada pemahaman mendalam tentang sifat dasar bahan pangan yang meliputi sifat fisik, kimia, dan biologi komponen-komponen penyusun bahan pangan beserta perubahan yang terjadi selama proses pengolahan. Dari segi fisik, ilmu pangan mengkaji karakteristik seperti sifat rheologis yang menentukan aliran bahan pangan, tekstur yang mempengaruhi kesan sensori, serta sifat termal yang mengatur konduktivitas panas selama pengolahan. Dari segi kimia, ilmu pangan mengkaji komposisi makronutrien (karbohidrat, protein, dan lemak), air, mikronutrien (vitamin, mineral) dan senyawa bioaktif (antioksidan), termasuk berbagai reaksi kimia penting yang terjadi selama pengolahan bahan pangan, seperti reaksi oksidasi, hidrolisis, denaturasi, pencoklatan enzimatis dan non-enzimatis, serta karamelisasi. Sementara itu, dari segi biologi, ilmu pangan mempelajari peran mikroorganisme dan aktivitas metabolisme terhadap karakteristik pangan. Mikroorganisme memainkan peran yang paradoks dalam industri pangan. Mikroba merupakan agen kontaminasi yang dapat

membahayakan keamanan pangan, menyebabkan kerusakan bahan makanan (*food spoilage*), serta menimbulkan penyakit bawaan pangan (*foodborne diseases*). Di sisi lain, mikroba juga merupakan agen penting dalam bioteknologi pangan, misalnya dalam proses fermentasi untuk menghasilkan makanan dan minuman yang bernilai tambah tinggi dengan cita rasa yang khas dan juga produksi senyawa fungsional seperti asam glutamat, vitamin B12, dan senyawa bioaktif.

Teknologi pangan menerapkan pengetahuan mengenai sifat dasar bahan pangan ke dalam praktik untuk mengkonversi bahan baku pangan menjadi produk akhir yang produk yang stabil, mudah didistribusikan dan memenuhi kebutuhan konsumen melalui serangkaian proses terukur dan terkontrol. Perkembangan bidang teknologi pangan tidak terlepas dari tantangan global seperti pertumbuhan populasi, perubahan pola konsumsi, dan tuntutan keberlanjutan. Inovasi dalam produksi dan pengolahan pangan terus dilakukan untuk menjamin keamanan produk dari bahaya biologis, kimia, dan fisik; mempertahankan atau meningkatkan kualitas organoleptik dan nutrisi; serta mengoptimalkan efisiensi produksi.

Pemahaman mengenai perubahan-perubahan sifat fisik, kimia dan biologi akibat proses pengolahan memungkinkan para ilmuwan pangan untuk mengoptimalkan proses pengolahan, sehingga tujuan pengolahan pangan untuk menghasilkan produk pangan berkualitas berdasarkan nilai gizi, keamanan, maupun karakteristik sensori dapat tercapai.

2.2 Ruang Lingkup Ilmu dan Teknologi Pangan

Sebagai sebuah bidang multidisiplin yang menggabungkan prinsip-prinsip fisika, kimia, biologi, teknik, dan nutrisi, Ilmu dan Teknologi Pangan memiliki ruang lingkup luas dan dinamis yang terdiri dari beberapa bidang, yaitu pengembangan produk, keamanan pangan, sensori, nutrisi, regulasi, inovasi dan keberlanjutan (*sustainability*). Bidang-bidang tersebut saling terkait dan berkontribusi terhadap tujuan utama, yaitu menyediakan pangan yang aman, bergizi, inovatif, dan berkelanjutan bagi masyarakat luas.

2.2.1 Pengembangan Produk

Pengembangan produk pangan merupakan bidang yang berfokus pada inovasi pangan sesuai dengan preferensi dan kebutuhan konsumen modern yang menginginkan asupan yang lebih sehat, aman, praktis dan berkelanjutan. Beberapa contoh pengembangan produk yang dilakukan meliputi pangan fungsional dan pangan alternatif. Pangan fungsional adalah pangan yang tidak hanya memberikan nilai gizi dasar, tetapi juga memiliki manfaat fisiologis tambahan yang dapat mendukung kesehatan dan mengurangi risiko penyakit. Untuk mencapai tujuan tersebut, serat pangan, probiotik, omega 3, komponen bioaktif seperti antioksidan, fitosterol dan peptida bioaktif ditambahkan ke dalam formulasi pangan untuk meningkatkan fungsionalitasnya. Selain itu, pengembangan produk yang ditujukan untuk kelompok konsumen tertentu, misalnya penderita diabetes, hipertensi dan lansia juga dilakukan misalnya melalui produksi pangan dengan indeks glikemik rendah, bebas laktosa dan rendah natrium. Pangan alternatif merupakan produk pangan yang dikembangkan sebagai pengganti bahan pangan konvensional, baik karena alasan kesehatan, etika, maupun lingkungan. Contohnya termasuk daging berbasis tumbuhan (*plant-based meat*) yang dirancang menyerupai daging hewani dari segi rasa, tekstur, dan nilai gizi, namun dibuat dari bahan nabati seperti kedelai. Contoh pangan alternatif lainnya adalah keju nabati, susu nabati seperti susu almond dan susu kedelai, yang ditujukan bagi konsumen dengan intoleransi laktosa, alergi susu sapi, atau yang menjalani pola makan vegan.

2.2.2 Keamanan Pangan

Keamanan pangan merupakan bidang penting dari Ilmu dan Teknologi Pangan untuk memastikan bahwa pangan yang dihasilkan tidak menimbulkan risiko kesehatan ketika dikonsumsi dan bebas dari bahaya fisik, kimia serta mikrobiologi. Sistem manajemen keamanan pangan dirancang untuk mengidentifikasi, mengendalikan, dan meminimalkan risiko keamanan pangan sepanjang rantai produksi dan distribusi. Beberapa contoh sistem manajemen mutu yang umum diterapkan di industri pangan adalah HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), ISO 22000 dan

Food Safety System Certification (FSSC 22000). HACCP merupakan sistem preventif berbasis analisis risiko yang bertujuan untuk mengidentifikasi titik kritis dalam proses produksi pangan yang bisa menyebabkan bahaya (biologis, kimia, atau fisik), lalu menetapkan tindakan pengendalian yang tepat sehingga potensi bahaya dapat dicegah secara sistematis. Pelaksanaan sistem manajemen keamanan pangan mensyaratkan dipenuhinya prasyarat dasar seperti GMP (*Good Manufacturing Practices*) yang mencakup kebersihan personel, sanitasi fasilitas, pengendalian bahan baku, dan proses produksi yang higienis serta SSOP (*Sanitation Standard Operating Procedures*) yang berisi prosedur standar kebersihan yang wajib dilakukan secara rutin untuk menjamin sanitasi alat, lingkungan kerja, dan personel. Perkembangan teknologi digital memungkinkan penerapan sistem ketertelusuran (*traceability*) yang memungkinkan pemantauan keamanan pangan secara transparan dari hulu ke hilir. Selain itu, teknologi seperti *near infrared spectroscopy* (NIRS) dan *near infrared hyperspectral imaging* (NIR-HSI) dapat diimplementasikan dalam evaluasi keamanan pangan efisiensi, kecepatan analisis, dan sifatnya yang non-destruktif dalam mendeteksi kontaminan, penipuan pangan, serta penentuan parameter kualitas dalam berbagai produk makanan.

2.2.3 Sensori Pangan

Ilmu sensori merupakan bidang interdisipliner dalam ilmu dan teknologi pangan yang mempelajari persepsi manusia terhadap sifat-sifat pangan melalui indera, terutama rasa (*taste*), aroma (*smell*), tekstur (*texture*), penampilan (*appearance*), dan suara (*sound*) saat mengonsumsi makanan (Reed *et al.*, 2019). Persepsi konsumen terhadap pangan tidak hanya muncul dari respon fisiologis sensasi, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor psikologis, budaya, dan lingkungan. Pemahaman mendalam tentang sensori pangan sangat penting dalam pengembangan produk, karena persepsi sensori secara langsung memengaruhi penerimaan, kepuasan, dan perilaku pembelian konsumen. Dalam industri pangan, ilmu sensori diaplikasikan melalui uji sensori (*sensory evaluation*), yang meliputi uji hedonik (kesukaan), deskriptif (karakteristik sensori), dan analitis seperti penggunaan *electronic nose/tongue* yang dapat meniru indera

penciuman dan pengecap manusia menggunakan sensor kimia dan kecerdasan buatan untuk menganalisis komponen organik volatil dan rasa dalam makanan. Perkembangan teknologi dalam pengujian sensori diantaranya adalah penggunaan kecerdasan buatan dan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk menganalisis data sensori skala besar dan mengidentifikasi tren preferensi konsumen. Data yang didapatkan dari uji-uji tersebut digunakan untuk mengoptimalkan formulasi produk, misalnya dengan menyeimbangkan rasa dan tekstur agar sesuai dengan preferensi konsumen. Tantangan utama dalam sensori pangan adalah variabilitas individu akibat perbedaan genetik, kebiasaan makan, dan pengalaman sensori sebelumnya. Selain itu, tren pangan sehat seperti pengurangan gula, garam, atau lemak sering kali bertentangan dengan harapan sensori konsumen, sehingga diperlukan strategi inovatif seperti penggunaan penyedap alami, modulator rasa (*taste modulators*), atau teknologi mikroenkapsulasi untuk mempertahankan kepuasan sensori tanpa mengorbankan kesehatan.

2.2.4 Nutrisi

Ilmu dan Teknologi Pangan berkaitan erat dengan nutrisi. Pengolahan pangan tidak hanya ditujukan untuk menciptakan produk yang awet, stabil dan memiliki umur simpan yang panjang, namun juga harus mampu memenuhi kebutuhan nutrisi secara optimal. Proses pengolahan pangan yang tidak tepat dapat menyebabkan kehilangan zat gizi serta penurunan mutu sensori. Beberapa teknologi pengolahan yang mendukung stabilitas produk dan nilai gizi diantaranya adalah teknik blansir (*blanching*) pada sayuran untuk menonaktifkan enzim tanpa merusak vitamin. *High pressure processing* (HPP) juga dikenal sebagai *High Hydrostatic Pressure* (HHP) menggunakan tekanan hidrostatik tinggi (300–600 MPa) selama beberapa detik hingga menit untuk membunuh mikroorganisme dan menginaktivasi enzim tanpa menggunakan panas sehingga nutrisi, rasa, warna produk tetap terjaga. *Pulsed electric field* (PEF) dan *cold plasma* mampu menginaktivasi mikroba melalui kerusakan membran sel tanpa perlu pemanasan yang berlebihan sehingga dapat mempertahankan karakteristik sensori

dan meminimalkan kerusakan nutrisi. Teknologi nano seperti nanoemulsi dapat membantu meningkatkan kelarutan nutrisi yang tidak larut dalam air. Nanoenkapsulasi dapat melindungi senyawa nutrisi dan senyawa bioaktif dari degradasi selama pencernaan, sehingga meningkatkan bioavailabilitasnya. Selain itu enkapsulasi juga berperan dalam melindungi nutrisi sensitif dari kerusakan selama pemrosesan dan penyimpanan pangan. Proses pengeringan dengan metode *freeze drying* dan *spray drying* dengan penyalut dapat dapat mengurangi kadar air tanpa merusak struktur atau nutrisi bahan pangan. Selain mencegah kerusakan dan kehilangan zat gizi selama pengolahan, teknik lain seperti fortifikasi dapat dilakukan untuk menambahkan zat gizi penting seperti zat besi, yodium, dan vitamin A ke dalam pangan. Teknologi untuk mempertahankan nilai gizi bahan pangan juga dapat diterapkan dalam proses pengemasan, yaitu dengan menggunakan kemasan aktif dan cerdas (*active and smart packaging*) yang tidak hanya melindungi produk, tapi juga membantu menjaga kestabilan nutrisi dan kualitas sensori.

2.2.5 Regulasi Pangan

Regulasi pangan memiliki hubungan yang erat dan saling menunjang dengan ilmu dan teknologi pangan dalam membentuk sistem pangan yang berkelanjutan dan terpercaya. Lembaga pemerintah yaitu Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) berfungsi mengawasi dan menjamin bahwa produk pangan yang diproduksi dan/atau diedarkan di Indonesia berkualitas, aman dikonsumsi, memenuhi standar regulasi dan tidak menyesatkan konsumen. Terkait dengan fungsi tersebut, BPOM menetapkan standar keamanan, mutu, dan gizi pangan olahan dan komoditas tertentu, termasuk ambang batas cemaran, penggunaan bahan tambahan pangan (BTP) seperti pewarna, pengawet, pemanis, serta regulasi mengenai pelabelan produk, termasuk komposisi, alergen, dan klaim nutrisi. Standar-standar yang dibuat oleh BPOM mengacu pada standar global seperti Codex Alimentarius yang disusun oleh FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (CAC).

2.2.6 Inovasi Pangan

Inovasi pangan adalah proses menciptakan, mengembangkan, atau menyempurnakan produk, proses, atau sistem pangan untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang terus berubah. Inovasi dalam teknologi pangan perlu dilakukan dalam menyikapi tantangan global yang menuntut produksi makanan dalam jumlah besar seiring dengan terus meningkatnya populasi masyarakat dunia tanpa mengorbankan mutu dan keamanan pangan, adaptasi produksi pangan dengan perubahan iklim, dan menciptakan produk pangan yang relevan dengan kebutuhan gizi serta dapat membantu mengatasi masalah kesehatan masyarakat. Otomatisasi dan digitalisasi proses, seperti penggunaan mesin pengolah otomatis yang dilengkapi dengan *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan *real-time* suhu pengolahan dapat diaplikasikan untuk meningkatkan kapasitas produksi dengan presisi tinggi dan mengurangi limbah pangan (*food waste*) akibat kesalahan produksi. Untuk menyikapi perubahan iklim yang dapat berdampak pada penurunan produktivitas pangan, gangguan rantai pasok, serta peningkatan risiko kontaminasi pangan, inovasi pengolahan pangan dapat diarahkan pada penggunaan sumber bahan pangan alternatif, seperti praktik entomofagi yang dinilai sebagai sumber protein yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Selain itu, penggunaan teknologi DNA rekombinan untuk menghasilkan tanaman yang tahan kekeringan, toleran terhadap salinitas tinggi atau suhu ekstrim dapat menjadi solusi peningkatan produktivitas pangan. Meskipun demikian, praktik entomofagi dan penggunaan organisme hasil rekayasa genetika masih menghadapi beberapa tantangan berupa penerimaan konsumen, regulasi yang ketat di beberapa negara serta isu etika dan biosekuriti. Tingginya prevalensi masalah kesehatan di masyarakat yang meliputi defisiensi mikronutrien, kelebihan gizi dan penyakit tidak menular (*non-communicable diseases*) seperti diabetes, obesitas, hipertensi, kanker, dan penyakit jantung serta gangguan metabolik atau intoleransi terhadap komponen pangan tertentu juga dapat menjadi dasar inovasi dalam teknologi pangan. Dalam hal tersebut, inovasi pangan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas gizi pangan, mengurangi kandungan zat berisiko seperti gula, garam, dan lemak

trans, menyesuaikan pangan dengan kebutuhan individu melalui pendekatan nutrigenomik, serta produksi pangan alternatif yang sehat, aman, lezat, praktis, dan terjangkau.

2.2.7 Keberlanjutan

Keberlanjutan (sustainability) dalam produksi dan pengolahan pangan memegang konsep bahwa pemenuhan kebutuhan pangan saat ini dilakukan tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Ilmu dan teknologi pangan berperan penting dalam mendukung keberlanjutan melalui inovasi pengolahan pangan berbasis sains untuk mengurangi limbah produksi, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan menciptakan produk pangan yang ramah lingkungan. Limbah produksi dan bahan pangan yang tidak terpakai dapat menjadi beban lingkungan jika tidak dimanfaatkan. Dengan teknologi pangan, limbah tersebut dapat diubah menjadi produk bernilai tinggi melalui proses yang disebut dengan valorisasi. Tujuan utama valorisasi adalah mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan menciptakan produk bernilai tambah. Beberapa contoh produk valorisasi bidang pangan adalah gelatin, kolagen, atau peptida bioaktif dari limbah ikan, serta whey protein dan probiotik dari hasil samping (*by-product*) industri susu. Analisis dampak lingkungan melalui pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat digunakan untuk menilai dampak lingkungan dari suatu produk sepanjang siklus hidupnya, mulai dari produksi bahan baku, pengolahan, distribusi, konsumsi hingga pembuangan. Salah satu aspek utama yang dihitung dalam LCA adalah jejak karbon (*carbon footprint*) dan konsumsi air dalam produksi dan distribusi pangan. Pertanian dan peternakan menyumbang lebih dari 25% emisi gas rumah kaca (GRK) yang diukur dari produksi metana dari ternak, produksi karbondioksida dari penggunaan bahan bakar dan pupuk, serta kerusakan lahan hutan untuk lahan pertanian. Selain itu, produk yang ditransportasikan dengan jarak yang jauh juga berkontribusi terhadap emisi GRK, terlebih jika mesin pendingin harus digunakan saat transportasi. Untuk mendukung sustainability pangan, konsumen dapat memilih pangan dengan

jejak karbon rendah seperti pangan nabati, mengkonsumsi produk lokal, serta mengurangi limbah pangan.

2.3 Perkembangan Ilmu dan Teknologi Pangan

2.3.1 Era pra-industri

Teknik pengawetan pangan telah berkembang pada era pra-industri dengan tujuan memperpanjang umur simpan dan menciptakan karakteristik sensori yang khas. Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan pangan tertua yang diterapkan pada ikan, daging, dan buah-buahan dengan memanfaatkan sinar matahari atau angin untuk mengurangi kadar air dan aktivitas air (a_w). Gula dan garam digunakan untuk mengawetkan pangan pada proses sugaring dan curing yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Kadar gula dan garam yang tinggi memicu terjadinya osmosis yang mengakibatkan air keluar dari sel mikroba serta berkontribusi terhadap turunnya a_w bahan pangan. Enzim-enzim mikroba juga dapat kehilangan aktivitas pada salinitas yang tinggi. Pengasapan juga menjadi metode pengawetan pangan yang digunakan di era pra-industri. Asap hasil pembakaran kayu keras mengandung senyawa antimikroba seperti fenol, formaldehida, dan asam organik yang mampu membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroba. Fermentasi menjadi teknologi pangan pra-industri yang sangat penting untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan serta menjaga ketersediaan makanan sepanjang musim. Proses fermentasi memanfaatkan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, kapang, dan khamir yang secara alami mengubah komponen kimia dalam bahan pangan menjadi senyawa lain yang bersifat mengawetkan, seperti asam organik, etanol, dan karbon dioksida. Senyawa-senyawa ini menurunkan pH, menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen, serta menciptakan lingkungan yang lebih stabil bagi produk pangan. Dalam konteks pengetahuan tradisional, fermentasi bukan hanya mengawetkan bahan pangan, tetapi juga meningkatkan keamanan dan menciptakan citarasa khas. Teknik fermentasi dapat dipandang sebagai bentuk awal dari bioteknologi tradisional. Tanpa memahami konsep mikrobiologi secara ilmiah, masyarakat pra-industri secara intuitif telah mampu merekayasa

lingkungan mikroba untuk menghasilkan pangan yang aman, awet dan bercitarasa khas. Produk fermentasi tradisional seperti tempe, tape, bekasam, wadi dan dadih berkembang secara lokal sesuai dengan kondisi geografis, iklim, serta bahan baku yang tersedia di tiap wilayah dan praktiknya tetap berlangsung sampai sekarang dengan menggunakan teknik yang diwariskan secara turun temurun.

2.3.2 Era Revolusi Industri

Perkembangan pasteurisasi, pengalengan, dan pendinginan pada era revolusi industri menandai tonggak penting dalam sejarah teknologi pangan, karena ketiga inovasi ini merevolusi cara manusia mengolah, menyimpan, dan mendistribusikan bahan pangan. Sebelum era tersebut, pangan umumnya dikonsumsi dalam keadaan segar, atau diawetkan menggunakan metode tradisional seperti pengeringan, fermentasi, pengasapan, atau penambahan garam dan gula. Namun, keterbatasan teknologi menyebabkan umur simpan produk pangan relatif pendek dan distribusi geografisnya terbatas. Kemunculan inovasi pada bidang sains dan teknologi di era revolusi industri pada abad ke-18 dan ke-19 memicu kebutuhan akan sistem pengawetan pangan yang lebih efisien, aman, yang menghasilkan pangan yang dapat didistribusikan secara luas dan dapat menunjang pertumbuhan industri. Oleh karena itu, ketiga teknologi tersebut berkembang pesat dan menjadi fondasi dari sistem pangan modern.

Pasteurisasi merupakan proses pemanasan bahan pangan pada suhu antara 62-72°C untuk menonaktifkan mikroba penyebab penyakit dan memperlambat pembusukan. Teknik ini pertama kali dikembangkan oleh ilmuwan Prancis Louis Pasteur untuk mencegah kerusakan anggur dan bir akibat kontaminasi mikroba tanpa mengubah rasa dan kualitas produk secara signifikan. Karena tidak semua mikroba dapat dieliminasi, termasuk spora bakteri tahan panas seperti *Clostridium botulinum*, maka produk pasteurisasi tetap perlu pendinginan dan memiliki umur simpan terbatas.

Teknik pengalengan pangan melibatkan pemanasan bahan pangan dalam wadah tertutup kedap udara untuk membunuh mikroorganisme, kemudian ditutup rapat agar tidak terjadi rekontaminasi sehingga makanan dapat disimpan dalam waktu lama

tanpa perlu pendinginan. Pengalengan kemudian berkembang menjadi industri besar yang menghasilkan berbagai produk seperti sayur, buah, ikan, daging, dan makanan siap saji.

Penemuan sistem pendingin mekanis pada pertengahan abad ke-19 memungkinkan penggunaan teknik refrigerasi dalam pengendalian suhu rendah secara lebih konsisten dan efisien serta mendukung perkembangan distribusi pangan jarak jauh. Dengan adanya rantai dingin (*cold chain*), distribusi pangan menjadi lebih luas dan aman. Perkembangan pasteurisasi, pengalengan, dan pendinginan yang dimulai di era revolusi industri tidak hanya meningkatkan ketahanan dan keamanan pangan, tetapi juga mengubah pola konsumsi dan distribusi masyarakat secara global.

2.3.3 Era Modern

Pada era pasca-Revolusi Industri hingga saat ini, perkembangan ilmu dan teknologi pangan mengalami kemajuan pesat yang didukung oleh kemajuan dalam bidang teknik, kimia, biologi molekuler, mikrobiologi, informatika dan sains data. Meskipun prinsip-prinsip pengolahan pangan secara tradisional seperti penggunaan gula garam, pengeringan, pengasinan, pengasapan, dan fermentasi masih digunakan, modernisasi terhadap teknik-teknik tersebut juga dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi mutu, keamanan pangan, serta mengurangi dampak lingkungan.

Penggaraman dan pengasinan tradisional dilakukan secara manual dengan menabur garam dalam jumlah besar ke bahan pangan. Saat ini alat injeksi garam otomatis (*brining injection machine*) digunakan untuk menyuntikkan larutan garam secara merata ke dalam jaringan daging atau ikan. Penggulaan tradisional menggunakan perendaman dalam larutan gula pekat. Kini, pengembangan teknologi vakum impregnasi dilakukan untuk menginfusikan gula ke dalam pori-pori bahan pangan di bawah tekanan rendah sehingga penyerapan gula menjadi lebih cepat tanpa merusak struktur pangan.

Proses pengeringan yang secara tradisional bergantung pada panas matahari telah dikembangkan menjadi beberapa teknik modern.

Teknik pengeringan beku (*lyophilization*) dapat meminimalkan kerusakan struktur, perubahan warna, rasa, dan kandungan gizi, produk, memperpanjang umur simpan dan memungkinkan proses rehidrasi yang cepat. Teknik *spray drying* dapat digunakan untuk produksi produk bubuk skala besar dengan ukuran partikel yang seragam dan sesuai untuk pembuatan mikroenkapsulat. Teknik *vacuum drying* mengeringkan produk dengan menggunakan suhu 40–60°C dalam tekanan vakum (≤ 0.1 atm) sehingga dapat meminimalkan kerusakan oksidatif. Teknik *microwave drying* mengeringkan produk dengan menggunakan gelombang mikro (frekuensi 0.3–300 GHz) yang menyebabkan vibrasi molekul air hingga menguap.

Proses pengasapan tradisional memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah ketidakkonsistenan rasa dan warna dan adanya risiko kontaminan seperti PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*). Inovasi teknologi dalam industri pengasapan pangan dilakukan untuk meminimalkan risiko kontaminasi PAH tanpa mengorbankan mutu organoleptik produk. Teknologi pengasapan modern melibatkan penggunaan asap cair (*smoke condensate*) yang didapatkan dari proses kondensasi asap hasil pembakaran. Asap cair dapat diaplikasikan langsung pada produk dengan pencelupan, penyemprotan, atau injeksi ke produk dan menghasilkan produk bercitarasa asap yang lebih aman, terkontrol, dan seragam. Selain itu, sistem pengasapan dengan kontrol suhu pembakaran, kelembapan, aliran udara, filtrasi asap, otomatisasi dan monitoring digital dengan penggunaan sensor juga dikembangkan untuk menunjang keberlanjutan dan jaminan keamanan pangan. Penggunaan sistem tersebut dapat menghasilkan produk dengan profil rasa dan aroma yang konsisten, pengurangan risiko kontaminasi silang, serta kemudahan dalam standarisasi produk.

Proses fermentasi yang semula hanya bergantung pada proses spontan dan tradisional telah berkembang dengan penggunaan kultur starter terstandarisasi maupun termodifikasi. Teknologi CRISPR-Cas9 dan sintetik biologi digunakan untuk memodifikasi mikroba starter agar mampu menghasilkan senyawa metabolit target secara lebih efisien dan tahan terhadap kondisi ekstrim.

Fermentasi berbasis bioreaktor baik yang bersifat *fed-batch* maupun kontinyu dengan otomatisasi kontrol pH, suhu, oksigen, dan nutrisi dapat menghasilkan mutu produk yang konsisten, rendemen yang lebih baik dan meminimalkan kontaminasi. Selain itu, pendekatan metagenomik untuk memetakan komunitas mikroba serta volatilomik untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa volatil yang berkontribusi terhadap flavor dalam produk fermentasi tradisional juga dikembangkan untuk mengidentifikasi strain unggul dan memprediksi kinerja fermentasi.

Selain teknologi pengolahan pangan, teknologi pengemasan pangan juga mengalami perkembangan yang signifikan. Contohnya adalah inovasi kemasan aktif dengan absorber oksigen yang mencegah oksidasi pada pangan berlemak dan *emitter* etilen untuk memperlambat pematangan buah. Aplikasi bidang nanoteknologi pada kemasan aktif ada pada penggunaan nanopartikel seperti perak (Ag), zinc oxide (ZnO), dan titanium dioxide (TiO₂) untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur, sehingga memperpanjang umur simpan produk. Kemasan aktif dengan antioksidan atau flavor kini dikombinasikan dengan teknologi pelepasan terkontrol (*controlled release*) selama penyimpanan. Kemasan pintar dilengkapi dengan indikator kesegaran dan perubahan waktu-suhu serta nanosensor yang dapat mendeteksi keberadaan patogen, toksin, atau tanda-tanda pembusukan dan memberikan indikasi kepada konsumen. Perkembangan teknologi kemasan lainnya adalah penggunaan edible film berbasis alginat, bioplastik berbahan dasar polylactic acid, serta penggunaan kemasan atmosfer termodifikasi (*modified atmosphere packaging*/MAP). Dalam kemasan MAP, oksigen dikeluarkan dan digantikan dengan nitrogen atau karbon dioksida dengan proporsi tertentu untuk menghambat pertumbuhan mikroba aerob sehingga mampu memperpanjang umur simpan produk. *Vacuum skin packaging* (VSP) merupakan teknologi pengemasan yang dikembangkan dari pengemasan vakum tradisional. Dengan lapisan yang menempel erat pada produk tanpa adanya lipatan atau kantung udara, produk yang dikemas memiliki umur simpan yang lebih panjang, mengurangi *freezer burn*, *drip loss*, *off flavor* dan pertumbuhan bakteri aerob.

DAFTAR PUSTAKA

- Abera, G. (2019). Review on high-pressure processing of foods. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1568725. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1568725>
- Akhila, P. P., Sunooj, K. V., Aaliya, B., Navaf, M., Sudheesh, C., George, J., & Pottakkat, B. (2022). Historical developments in food science and technology. *Journal of Nutrition Research*, 10(1), 36–41. <https://doi.org/10.55289/jnutres/v10i1.22.12>
- Fu, X., & Ying, Y. (2016). Food safety evaluation based on near infrared spectroscopy and imaging: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(12), 1913–1924. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.807418>
- Jagtiani, E. (2022). Advancements in nanotechnology for food science and industry. *Food Frontiers*, 3(1), 56–82. <https://doi.org/10.1002/fft2.104>
- Lestari, S. D., Meor Hussin, A. S., Mustafa, S., Sew, Y. S., Gan, H. M., Mohd Hashim, A., & Hussain, N. (2023). Bacterial community structure, predicted metabolic activities, and formation of volatile compounds attributed to Malaysian fish sauce flavour. *Food Chemistry*, 426, 136568. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136568>
- Nizio, E., Czwartkowski, K., & Niedbała, G. (2023). Impact of smoking technology on the quality of food products: Absorption of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by food products during smoking. *Sustainability*, 15(24), 16890. <https://doi.org/10.3390/su152416890>
- Pankaj, S. K., Wan, Z., & Keener, K. M. (2018). Effects of cold plasma on food quality: A review. *Foods*, 7(1), Article 4. <https://doi.org/10.3390/foods7010004>
- Reed, D. R., Mainland, J. D., & Arayata, C. J. (2019). Sensory nutrition: The role of taste in the reviews of commercial food products. *Physiology & Behavior*, 209, 112579. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112579>
- Valoppi, F., Agustin, M., Abik, F., de Carvalho, D. M., Sithole, J., Bhattarai, M., Varis, J. J., Arzami, A., Pulkkinen, E. E., & Mikkonen, K. S. (2021). Insight on current advances in food science and

technology for feeding the world population. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 626227.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.626227>

Vasuki, M. T., Kadirvel, V., & Narayana, G. P. (2023). Smart packaging—An overview of concepts and applications in various food industries. *Food Bioengineering*, 2(1), 25–41.
<https://doi.org/10.1002/fbe2.12038>

ORIGINALITY REPORT

1%

SIMILARITY INDEX

1%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

headnews.id

Internet Source

1%

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/0

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15