

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Penulis:

Sarifah Nurjanah

Kavadya Syska

Nurud Diniyah

I Ketut Budaraga

Gusti Setiavani

Endang Verawati



CV HEI PUBLISHING INDONESIA

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Penulis :

Sarifah Nurjanah

Kavadya Syska

Nurud Diniyah

I Ketut Budaraga

Gusti Setiavani

Endang Verawati

ISBN :

Editor : Afridon, S.T M.Si

Penyunting : Dhinie Anjelicha, S.Tr.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak : Muhammad Iklhas Alkuthsi, S.Kom

Penerbit : CV HEI PUBLISHING INDONESIA

Anggota IKAPI No. 034/SBA/2023

Redaksi :

Jl. Air Paku No.29 RSUD Rasidin, Kel. Sungai Sapih, Kec Kuranji

Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.HeiPublishing.id

Email : heipublishing.id@gmail.com

Cetakan pertama, September 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Teknologi Tepat Guna Dan Teknologi Terapan dapat diselesaikan. Buku ini berisikan bahasan tentang prinsip dan metode pengeringan, prinsip dan metode penggorengan, prinsip pengolahan menggunakan suhu rendah, prinsip pengolahan menggunakan suhu tinggi, prinsip pengolahan menggunakan garam, asam, gula, dan bahan kimia, prinsip pengolahan dengan fermentasi, prinsip pengolahan pangan semi basah, dan prinsip teknologi ekstruksi

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, 4 September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI..... | ii |
| BAB 1 PRINSIP DAN METODE PENGERINGAN | 1 |
| 1.1 Pendahuluan | 1 |
| 1.2 Prinsip Pengeringan | 2 |
| 1.3 Metode Pengeringan | 5 |
| DAFTAR PUSTAKA | 20 |
| BAB 2 PRINSIP DAN METODE PENGGORENGAN..... | 23 |
| 2.1 Pendahuluan | 23 |
| 2.2 Sejarah dan Perkembangan Teknologi Penggorengan..... | 24 |
| 2.3 Prinsip Dasar Penggorengan | 25 |
| 2.4 Metode Penggorengan | 27 |
| 2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Penggorengan | 40 |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |
| BAB 3 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN | |
| SUHU RENDAH | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1 Pendahuluan | 45 |
| 3.2 <i>Freezing</i> | 46 |
| 3.3 <i>Chilling</i> | 48 |
| 3.4. <i>Pulsed Electric Field Treatment</i> | 50 |
| 3.5 <i>High Pressure Freezing</i> | 51 |
| 3.6 <i>Ultra Rapid Freezing</i> | 53 |
| 3.7 <i>Ultra Sound Freezing</i> | 54 |
| 3.8 <i>Pressure Shift Freezing</i> | 56 |
| 3.9 HVEF <i>Thawing</i> | 57 |
| 3.10 <i>Radio Frequency Thawing</i> | 58 |
| DAFTAR PUSTAKA | 60 |
| BAB 4 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN | |
| SUHU TINGGI | 63 |
| 4.1 Pendahuluan | 63 |
| 4.2 Teknologi Panas dalam Proses Makanan..... | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | 76 |

| | |
|--|------------|
| BAB 5 PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN GARAM, ASAM, GULA DAN BAHAN KIMIA..... | 81 |
| 5.1 Pendahuluan | 81 |
| 5.2 Garam | 83 |
| 5.3 Asam..... | 103 |
| 5.4 Gula..... | 105 |
| 5.5 Bahan Kimia | 107 |
| DAFTAR PUSTAKA | 113 |
| BAB 6 PRINSIP PENGOLAHAN DENGAN FERMENTASI | 117 |
| 6.1 Pendahuluan | 117 |
| 6.2 Sejarah Fermentasi..... | 118 |
| 6.3 Manfaat dan Tujuan Fermentasi..... | 120 |
| 6.4 Prinsip Dasar Fermentasi | 124 |
| 6.5 Jenis-jenis Fermentasi..... | 130 |
| DAFTAR PUSTAKA | 137 |
| BAB 7 PRINSIP PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH..... | 141 |
| 7.1 Pendahuluan | 141 |

| | |
|---|------------|
| 7.2 Pengendalian Aktifitas Air (Aw) | 142 |
| 7.3 Penggunaan Pengawet | 146 |
| 7.4 Pengendalian pH..... | 155 |
| 7.5 Proses Pengeringan Parsial | 156 |
| 7.6 Pengemasan..... | 157 |
| 7.7 Pengendalian Suhu | 158 |
| DAFTAR PUSTAKA | 160 |
| BAB 8 PRINSIP TEKNOLOGI EKSTRUSI..... | 161 |
| 8.1 Pendahuluan | 161 |
| 8.2 Prinsip Proses Ekstrusi..... | 164 |
| 8.3 Kategorisasi Ekstruder | 165 |
| 8.4 Bahan Baku atau Bahan yang Digunakan dalam Ekstrusi | 169 |
| 8.5 Aplikasi Teknologi Ekstrusi..... | 174 |
| DAFTAR PUSTAKA | 179 |

BAB 1

PRINSIP DAN METODE PENGERINGAN

1.1 Pendahuluan

Pengeringan adalah proses menghilangkan air dari bahan dengan berbagai metode. Pengeringan merupakan salah satu cara pengawetan yang tertua. Ribuan tahun yang lalu pengeringan dilakukan untuk mengawetkan makanan, salah satunya dengan cara menggantungkan daging atau buah-buahan di bawah sinar matahari atau di dekat api. Cara ini merupakan cara yang paling sederhana dan cara paling awal yang dilakukan manusia.

Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air bahan sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme, memperpanjang masa simpan bahan, mengubah sifat fisik dan kimia bahan, membuat lebih ringan, menyiapkan bahan untuk proses pengolahan selanjutnya dan memudahkan transportasi. Bahan setelah melalui proses pengeringan mempunyai kadar air yang sesuai dengan kebutuhan sehingga mikroorganisme tidak mudah tumbuh yang mengakibatkan bahan menjadi lebih awet. Selain itu

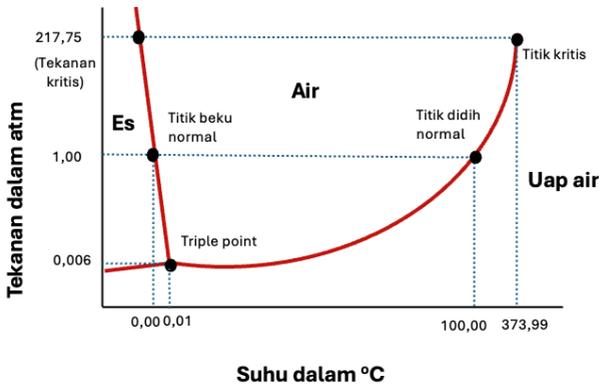
karakteristik bahan menjadi berubah dan memudahkan untuk proses pengolahan selanjutnya seperti pengeringan padi dan gandum yang memungkinkan proses penggilingan. Besarnya manfaat pengeringan menjadikan proses ini merupakan salah satu proses yang penting dalam penanganan bahan.

1.2 Prinsip Pengeringan

Proses penghilangan kadar air dari suatu bahan mempunyai dua istilah yaitu pengeringan dan dehidrasi. Pengeringan berkaitan dengan pengurangan kandungan air bahan sampai mencapai kadar air yang berkeeseimbangan dengan udara sekitar atau kadar air yang dapat mencegah aktivitas enzim, pertumbuhan jamur, dan hama. Untuk sebagian besar material hasil pertanian pengeringan dapat mencapai kadar air 12-14%. Sedangkan dehidrasi berkaitan dengan pengurangan air pada bahan sampai mencapai kadar air yang sangat rendah, hampir mencapai kondisi hanya bahan keringnya. Bahan kering adalah komponen suatu material dimana semua airnya dihilangkan atau kadar airnya sebesar nol (Henderson dan Perry, 1976).

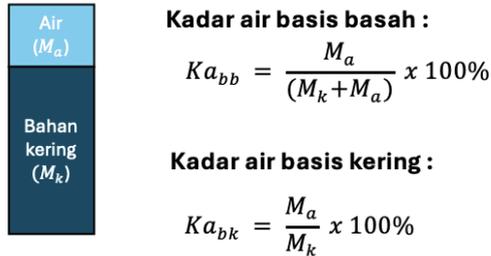
Pemisahan air dari suatu bahan merupakan proses yang terdiri dari dua hal penting yaitu adanya proses perpindahan masa dan perpindahan energi. Perpindahan masa terjadi pada bagian

dalam bahan dimana air yang terdapat pada bagian bahan keluar permukaan bahan dan menguapnya air dari permukaan bahan ke lingkungan. Perpindahan masa air ini didorong oleh adanya perbedaan tekanan antara bagian dalam bahan dengan udara luar. Bahan akan berpindah dari tekanan yang tinggi ke tekanan yang rendah. Sedangkan perpindahan energi yang terjadi adalah panas laten yang diperlukan untuk mengubah air menjadi uap air. Panas laten air mempunyai nilai yang berbeda-beda dengan adanya perbedaan suhu dan tekanan. Pada kondisi tekanan yang sama, panas laten menurun dengan adanya peningkatan suhu bahan, misalnya pada suhu 24°C tekanan udara 1 atm panas laten air sebesar 2.444,5 kJ/kg, sedangkan pada suhu 100°C dengan tekanan udara 1 atm, panas laten air sebesar 2.256,4 kJ/kg. Hal ini berhubungan dengan sifat air. Air dapat berbentuk fase padat, cair dan uap, yang dipengaruhi oleh suhu dan tekanan (Gambar 1.1). Di bawah titik *triple point* maka dengan adanya perubahan suhu, air dapat berupa padat (es) dan uap, sedangkan di atas titik *triple point* maka air dapat berbentuk padat, cair dan uap.



Gambar 1.1 Diagram fase air

Pemahaman kandungan air bahan merupakan hal yang sangat penting dalam proses pengeringan. Kadar air bahan dapat direpresentasikan dalam kadar air basis basah dan kadar air basis kering. Kadar air basis basah adalah kadar air bahan yang merupakan perbandingan antara air yang terdapat dalam bahan dengan total bahan yaitu bahan kering ditambah dengan air. Sedangkan kadar air basis kering adalah perbandingan antara air yang terdapat pada bahan dengan bahan keringnya saja tanpa adanya air (Gambar 1.2). Perhitungan kadar air sangat diperlukan dalam menghitung kadar air bahan dan dalam menganalisis laju pengeringan. Laju pengeringan dihitung dengan menggunakan kadar air basis kering karena penyebut yang digunakan selalu sama yaitu bahan kering sehingga perhitungan menjadi konsisten.



Gambar 1.2 Perhitungan kadar air basis basah dan basis kering

1.3 Metode Pengeringan

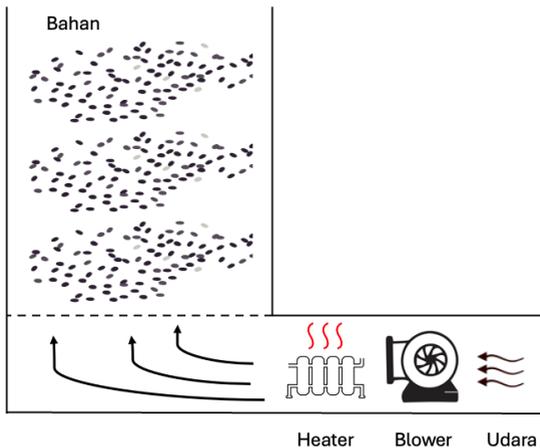
Pengeringan dapat dilakukan dengan beberapa metode, mulai dari yang paling sederhana yaitu pengeringan menggunakan sinar matahari sampai menggunakan metode terbaru seperti menggunakan gelombang elektromagnetik. Penggunaan metode pengeringan tergantung pada beberapa faktor seperti jenis bahan, ketersediaan peralatan dan teknologi, sumberdaya manusia serta biaya yang dibutuhkan.

1.3.1. Pengeringan Menggunakan Udara Pemanas

Pengeringan menggunakan udara pemanas merupakan metode pengeringan yang paling banyak digunakan. Pengeringan ini dapat digunakan untuk hampir semua jenis bahan seperti biji-bijian, rimpang-rimpangan, pengeringan buah dan hasil pertanian

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

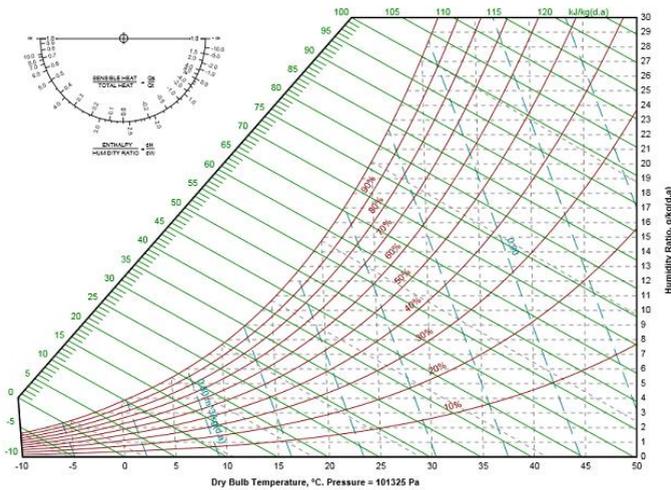
lainnya. Dalam pengeringan ini hal yang perlu diperhatikan adalah udara pengering yang digunakan sebagai media pengeringan (Gambar 1.3). Udara panas dihembuskan pada bahan, karena adanya perbedaan tekanan udara antara bahan dan ruang pengering maka terjadilah penguapan air dari bahan. Proses difusi juga menunjang adanya perpindahan masa ini, dimana bahan akan berpindah dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah untuk mencapai kesetimbangan. Kapasitas penguapan air bahan sangat tergantung pada kelembaban dan suhu udara pengering. Sehingga sangat diperlukan pengetahuan tentang karakteristik udara pengering.



Gambar 1.3. Pengeringan menggunakan udara panas

a. Grafik Psikrometrik

Udara pengering biasanya menggunakan udara yang dipanaskan kemudian dihembuskan pada ruangan pengering. Karakteristik udara pengering sangat diperlukan untuk menentukan proses pengeringan. Karakteristik udara pengering ini dapat digambarkan dalam grafik psikrometrik (Gambar 1.4). Udara terdiri dari dua komponen yaitu udara kering dan uap air. Campuran udara kering dan uap air mempunyai 7 karakteristik yang dapat diukur yaitu temperatur bola kering ($^{\circ}\text{C}$), temperatur bola basah ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban relatif (%), kelembaban mutlak (kg/kg), entalpi (kJ/kg), volume konstan (m^3/kg), dan titik jenuh ($^{\circ}\text{C}$).

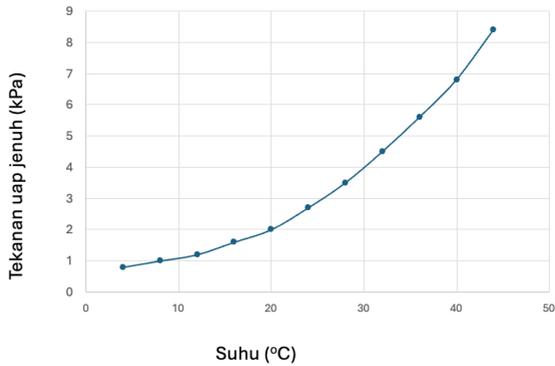


Gambar 1.4. Grafik psikrometrik
 (<https://www.flycarpet.net/en/PsyOnline>)

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Kelembaban merupakan ukuran banyaknya air yang terkandung pada udara. Kelembaban mutlak adalah banyaknya uap air (kg) dalam 1 kg udara kering, sehingga satuan untuk kelembaban mutlak adalah kg/kg. Sedangkan kelembaban relatif adalah perbandingan antara banyaknya uap air dengan total udara (uap air dan udara kering) sehingga satuannya adalah persen (%). Kelembaban relatif juga dapat diekspresikan sebagai perbandingan antara tekanan parsial uap air dengan tekanan jenuh uap air (Gambar 1.5). Hal ini disebabkan karena udara akan mencapai uap air jenuh pada suhu dan tekanan tertentu yang dinamakan dengan titik jenuh atau titik embun, dan jika diteruskan akan terjadi proses kondensasi atau terbentuknya tetesan air. Pada saat tersebut maka tekanan uap air sama dengan tekanan uap jenuh air pada suhu yang sama.

Temperatur udara dapat diekspresikan dalam dua bentuk yaitu temperatur bola basah dan bola kering. Temperatur bola kering adalah temperatur yang dicapai saat kita mengukur dengan termometer biasa atau termometer bola kering, sedangkan temperatur bola basah dicapai saat termometer terkena permukaan air atau biasanya dicapai saat bola pada termometer dibalut dengan kapas basah (Gambar 1.6). Dengan adanya kondisi tersebut maka temperatur bola basah selalu lebih rendah dari temperatur bola kering.



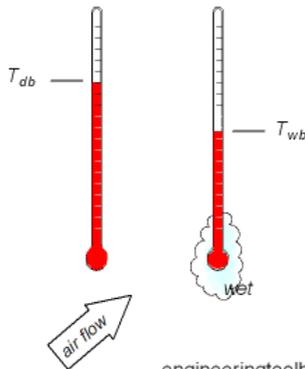
$$RH = p/p_s$$

RH = kelembaban relatif (%)

p = tekanan parsial uap air (kPa)

p_s = tekanan jenuh uap air (kPa)

Gambar 1.5 Grafik dan persamaan RH



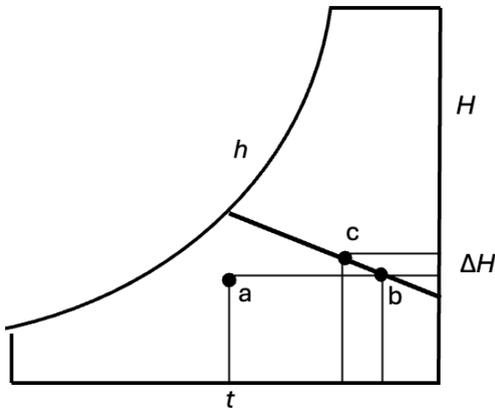
engineeringtoolbox.com

Gambar 1.6 Temperatur bola basah

Kelembaban dan temperatur merupakan dua sifat udara pengering terpenting dalam perhitungan pengeringan yang dapat

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

dibaca dari diagram psikrometrik (Gambar 1.7). Udara pengering pada kondisi a (suhu dan kelembaban tertentu) dipanaskan sampai mencapai kondisi b (suhu meningkat, kelembaban mutlak tetap, kelembaban relatif berubah). Adanya proses pengeringan dimana uap dari bahan yang dikeringkan diirap oleh udara pengering sehingga mencapai titik c (suhu dan kelembaban berubah).



Gambar 1.7 Proses pengeringan pada grafik psikrometrik

Persamaan laju air yang teruapkan oleh bahan adalah :

$$w = \frac{V}{v} (H_c - H_b) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

w = laju air teruapkan (kg/dt)

V = laju udara pengering (m^3/dt)

v = volume konstan udara pengering (m^3/kg)

H_c = kelembaban mutlak udara pengering masuk proses pengeringan (kg/kg)

H_b = kelembaban mutlak udara pengering setelah pengeringan (kg/kg)

b. Equilibrium Moisture Content (EMC)

Pada kondisi setelah pengeringan, kadar air bahan akan melakukan kesetimbangan dengan lingkungan. Kondisi kesetimbangan ini dinamakan dengan *Equilibrium Moisture Content* (EMC) atau kadar air kesetimbangan. Kadar air akhir bahan akan dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban relatif (*Relative Humidity/RH*) udara sekitar (Gambar 1.8). Semakin tinggi suhu udara maka EMC bahan akan semakin rendah, sedangkan semakin tinggi kelembaban udara maka akan semakin tinggi nilai EMC (persamaan 2). Nilai EMC untuk setiap bahan berbeda-beda tergantung pada jenis bahan (Gambar 1.9). Hal ini disebabkan karena perbedaan karakteristik bahan dalam pengikatan air. Persamaan EMC menurut Henderson (Henderson dan Perry, 1966) :

$$1 - RH = e^{-cTM_e^n} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana

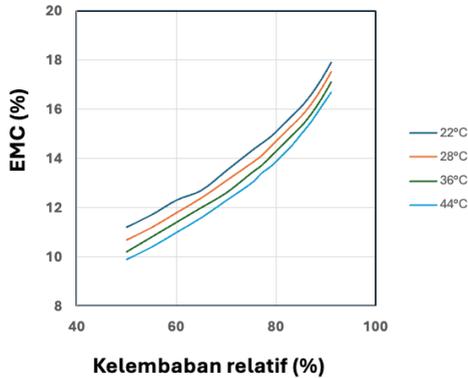
RH = kelembaban relatif (desimal)

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

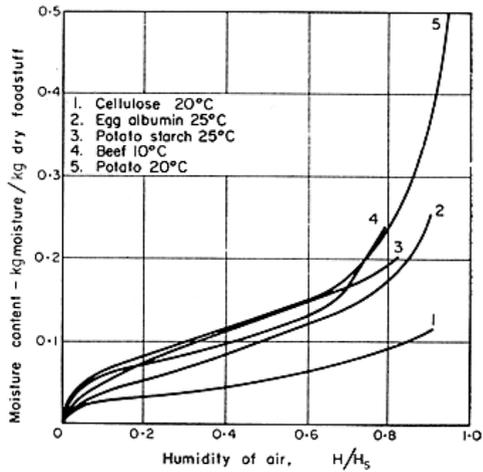
M_e = EMC (basis kering, %)

T = temperatur, °R

c, n = konstanta



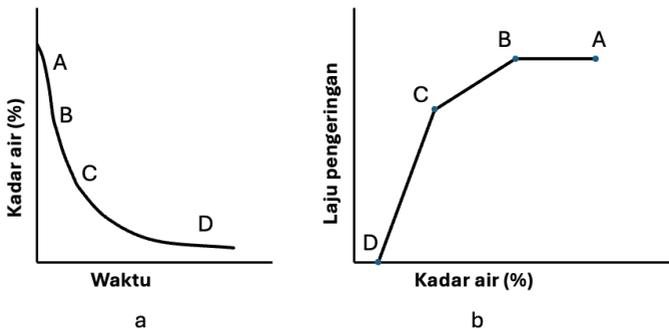
Gambar 1.8 EMC pada beberapa RH dan Suhu



Gambar 1.9. EMC beberapa bahan hasil pertanian (Earle, 1983)

c. Laju Pengeringan

Laju pengeringan adalah kapasitas penguapan air persatuan waktu. Selain karakteristik produk yang dihasilkan, laju pengeringan merupakan faktor yang menentukan performansi proses pengeringan. Laju pengeringan berhubungan dengan lama waktu pengeringan dan banyaknya air yang teruapkan (Gambar 1.10). Pada bahan hasil pertanian, laju pengeringan pada umumnya terdiri dari dua tahap yaitu laju tetap dan laju menurun (*falling rate*). Pada laju pengeringan tetap, air yang teruapkan adalah air permukaan sedangkan laju menurun air yang menguap adalah air yang berada pada bagian dalam bahan.



Gambar 1.10 Laju pengeringan bahan hasil pertanian : a. Hubungan waktu dengan kadar air; b. Laju pengeringan tetap (A-B) dan menurun (B-C dan C-D)

Laju pengeringan tetap akan berhenti setelah laju penguapan air permukaan setara dengan laju perpindahan air bagian dalam ke bagian permukaan. Pada laju pengeringan menurun kadang-kadang dilanjutkan dengan laju pengeringan menurun kedua da seterusnya tergantung pada jenis bahan. Penguapan air dari bahan ini disebabkan karena adanya beberapa proses, yaitu aliran kapiler, proses difusi air, difusi permukaan, difusi uap, difusi karena panas dan aliran hidrodinamik (Sahay dan Singh, 1994). Adapun persamaan untuk laju pengeringan tetap dan pengeringan menurun seperti berikut :

Laju pengeringan tetap

$$\frac{dM}{dt} = W_v A(p_a - p_u) = \frac{h_{fa}A(t_u - t_a)}{\lambda_a} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- $\frac{dM}{dt}$ = laju konstan (kg/jam)
- W_v = koefisien transfer uap air (kg/jam.m²)
- A = luas permukaan air (m²)
- p_a = tekanan uap air pada t_s (kg/m²)
- p_u = tekanan uap air pada t_u (kg/m²)
- h_{fa} = konduktivitas panas laisan udara (kkal/jam.m².°C)
- t_u = suhu udara (°C)
- t_a = suhu air (°C)
- λ_a = panas laten air pada t_s, (kkal/kg)

Laju pengeringan menurun

$$\frac{dM}{dt} = -K(M - M_e) \dots\dots\dots (4)$$

K = konstanta pengeringan

M = kadar air bahan (% bk)

M_e = EMC (% bk)

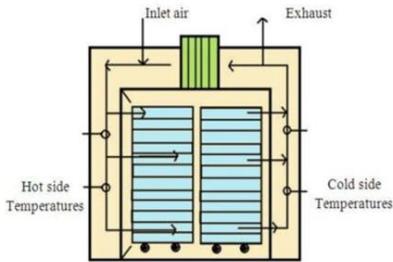
d. . Peralatan Pengeringan

Peralatan pengeringan dengan menggunakan pengeringan udara pemanas diantaranya adalah *tray drier, funnel drier, rotary drier, fluidized bed drier, dan deep bed drier* (Gambar 1.11). Perbedaan diantara tipe alat pengering tersebut adalah produk berada dalam ruang pengering dan dipanaskan pada ruangan tersebut, produk bergerak yang disebabkan oleh gaya gravitasi atau gerakan mekanik, dan produk bergerak seperti fluida karena gerakan udara pemanas yang sangat cepat (Sahay and Singh, 1994).

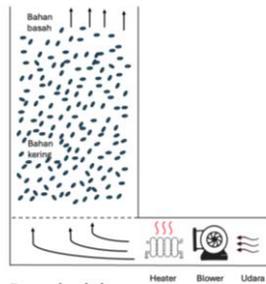
1.3.2. Pengeringan Dengan Pembekuan

Metode pengeringan dengan pembekuan didasarkan pada proses sublimasi es yang berada pada bahan. Bahan dibekukan sehingga air yang berada pada bahan menjadi es. Setelah proses pembekuan selesai, dilakukan proses sublimasi dengan mengatur suhu ruangan pengering tidak lebih dari 0°C dan tekanan rendah ruangan agar terjadi sublimasi es menjadi uap air. Uap air akan

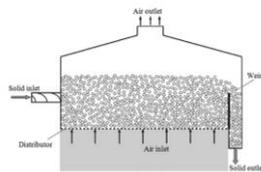
TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN



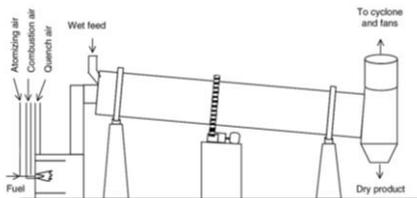
Tray drier (Nwankwo *et al.*, 2021)



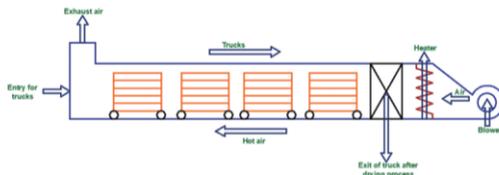
Deep bed dryer



Fluidized bed dryer (Khanali *et al.*, 2013)



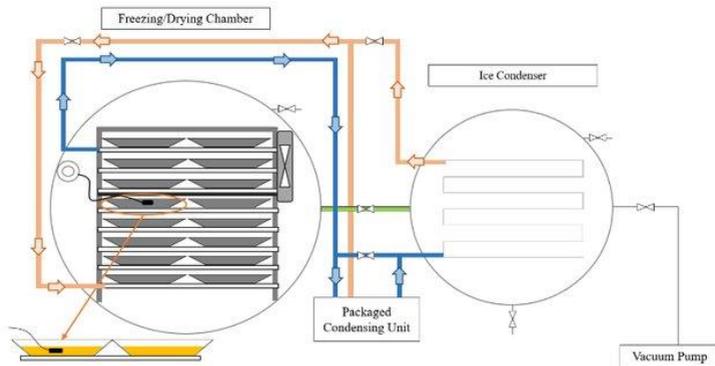
Rotary dryer (Krokida *et al.*, 2006)



Tunnel dryer (Raj *et al.*, 2020)

Gambar 1.11 Pengering dengan udara pemanas

menguap sehingga bahan menjadi kering. Pengeringan dengan metode ini biasanya dilakukan untuk produk yang sensitif terhadap panas dan produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi karena biayanya yang relatif tinggi. Skema proses pengeringan dengan pembekuan disajikan pada Gambar 1.12.

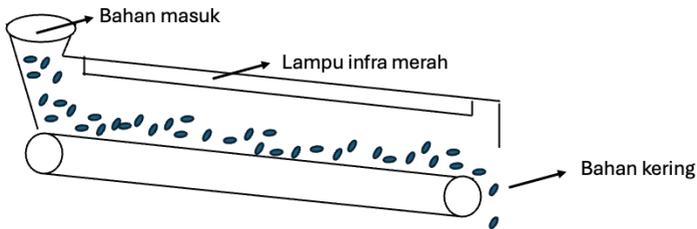


Gambar 1.12 Skema pengeringan beku (Mawilal *et al.*, 2019)

1.3.3. Pengeringan Dengan Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik dapat menimbulkan panas jika dikenakan pada bahan. Pengeringan bahan dapat dilakukan dengan mengaplikasikan panas yang ditimbulkan oleh gelombang infra merah. Bahan dimasukkan dalam suatu tempat /pipa, selanjutnya dikenakan sinar infra merah sehingga suhu bahan meningkat.

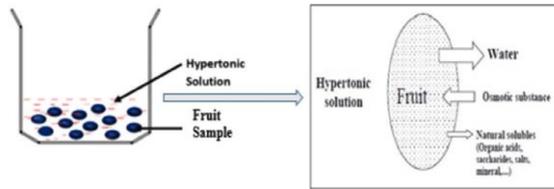
Peningkatan suhu bahan akan dapat menguapkan air yang terdapat pada bahan. Skema pengeringan dengan menggunakan gelombang elektromagnetik disajikan pada Gambar 1.13. Pengeringan dengan metode ini biasanya digunakan untuk bahan yang berukuran kecil.



Gambar 1.13 Pengeringan dengan infra merah

1.3.4. Pengeringan Osmotik

Pengeringan dengan metode osmotik didasarkan pada perbedaan tekanan osmotik pada membran semipermeabel bahan. Membran sel yang bersifat semipermeabel akan menyebabkan molekul air akan berpindah dari yang bertekanan rendah ke kondisi yang bertekanan tinggi (Gambar 14). Pengeringan dengan metode ini biasanya digunakan untuk bahan-bahan seperti buah, sayur dan daging.



Gambar 1.14. Skema pengeringan osmotik (Akharume *et al.*, 2019)

DAFTAR PUSTAKA

- Akharume, F., Smith, A., Sivanandan, L., dan Singh, K. 2019. Recent Progress on Osmo-convective Dehydration of Fruits. *Journal of Food Science & Technology*, Vol4 (9) : 956-969.
- Earle, RL. 1983. *Unit Operations in Food Processing*. Oxford : Pergamon Press.
- Henderson, SM. dan Perry, RL. 1976. *Agricultural Process Engineering*. Connecticut : The AVI Publishing Company.
- Khanali, M., Rafiee, S., Jafari, A., dan Hashemabadi, SH. 2013. Experimental Investigation and Modeling of Plug-Flow Fluidized Bed Drying Under Steady-State Conditions. *Drying Technology: An International Journal*, 31:4, 414-432.
- Krokida, M., Marinos-Kouris, D. dan Mujumdar, AS. 2006. *Handbook of Industrial Drying*. Mujumdar, AS (editor). https://www.researchgate.net/publication/264848828_7_Rotary_Drying
- Nwankwo, SC., Ulu FO., Mbachiantim, TJ., Okoyeuzu FC., Dereje, B. dan Carew El. 2021. Technological advancements in the drying of fruits and vegetables: A review. *African Journal of Food Science* Vol. 15(12) ; 367-379.
- Mawilai, P., Chaloeichitratham, N. dan Pornchaloempong, P. 2019. Processing feasibility and qualities of freeze dried mango

powder for SME scale. The 12th TSAE International Conference IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 301 (2019) 012059.

Raj, SP., Srinivas, M., Sravya, B., O'Donovan, TS., dan K.S. Reddy, KS. 2020. Design of tunnel drier for the non-centrifugal sugar industry. International Journal of Low-Carbon Technologies 00, 1–10.

Sahay, KM., dan Singh, KK. 1994. Unit Operations of Agricultural Processing. India : Vikas Publishing House PVT LTD.

BAB 2

PRINSIP DAN METODE PENGGORENGAN

2.1 Pendahuluan

Penggorengan merupakan salah satu metode memasak yang umum digunakan di berbagai budaya dan telah menjadi bagian penting dalam industri pangan. Proses penggorengan melibatkan pemanasan bahan pangan dalam minyak atau lemak panas untuk menghasilkan tekstur, rasa, dan aroma yang diinginkan. penggorengan dapat meningkatkan daya simpan produk pangan dan menghasilkan produk akhir yang menarik secara visual.

Tujuan utama penggorengan adalah untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan, seperti tekstur renyah pada produk pangan yang digoreng, peningkatan rasa melalui reaksi Maillard, dan pengurangan kadar air dalam bahan pangan. Penggorengan juga bertujuan untuk memperpanjang masa simpan produk pangan dengan mengurangi aktivitas air dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

2.2 Sejarah dan Perkembangan Teknologi

Penggorengan

Sejarah dan perkembangan teknologi penggorengan telah melalui berbagai tahapan penting yang memengaruhi cara kita memasak produk pangan.

1. Zaman Kuno: Penggunaan penggorengan sudah dikenal sejak zaman kuno. Manusia purba menggunakan wajan dan minyak panas untuk memasak produk pangan. Metode ini sederhana namun efektif dalam menghasilkan produk pangan yang matang dengan baik.
2. Abad Pertengahan: Selama abad pertengahan, penggorengan terus berkembang dengan penggunaan minyak dan lemak hewan sebagai bahan penggorengan utama. Teknik penggorengan semakin diperbaiki dan menjadi bagian penting dari proses memasak di berbagai budaya.
3. Revolusi Industri: Perkembangan teknologi penggorengan mengalami lonjakan selama revolusi industri pada abad ke-18 dan ke-19. Penggunaan kompor gas dan penggorengan dalam skala industri mulai diperkenalkan, memungkinkan produksi pangan dalam jumlah besar.
4. Abad ke-20: Teknologi penggorengan semakin canggih dengan ditemukannya deep fryer otomatis yang dapat mengontrol suhu dan waktu penggorengan secara tepat.

5. Inovasi Modern: Di era modern, teknologi penggorengan terus berkembang dengan pesat. Penggunaan teknologi digital dan sensor memungkinkan kontrol suhu yang lebih akurat.
6. Pentingnya Inovasi: Inovasi dalam teknologi penggorengan sangat penting untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan keamanan proses penggorengan. Perkembangan teknologi seperti penggunaan minyak yang dapat digunakan ulang, sistem filtrasi otomatis, dan pengendalian suhu yang cerdas telah membantu industri pangan dalam menghasilkan produk yang lebih sehat dan berkualitas tinggi.

2.3 Prinsip Dasar Penggorengan

Prinsip dasar penggorengan mencakup definisi penggorengan, proses transfer panas dan massa, serta reaksi kimia dan fisika yang terjadi selama penggorengan.

1. Definisi Penggorengan: Penggorengan adalah metode memasak yang melibatkan pemanasan bahan pangan dalam minyak atau lemak panas. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan produk pangan dengan tekstur renyah di luar dan matang di dalam. Penggorengan juga dapat meningkatkan rasa, aroma, dan penampilan visual produk pangan.
2. Proses Transfer Panas dan Massa: Selama penggorengan, terjadi transfer panas dan massa yang kompleks antara minyak

panas dan bahan pangan. Panas dari minyak diserap oleh bahan pangan, menyebabkan penguapan air dari permukaan pangan dan peningkatan suhu di dalamnya. Proses ini menghasilkan tekstur renyah pada produk pangan yang digoreng.

3. Reaksi Kimia dan Fisika Selama Penggorengan: Selain transfer panas, selama penggorengan juga terjadi berbagai reaksi kimia dan fisika. Reaksi penting yang terjadi yaitu:

- Reaksi Maillard: Reaksi antara gula dan asam amino dalam bahan pangan yang menghasilkan senyawa yang memberikan rasa dan aroma khas produk pangan yang digoreng.
- Oksidasi Minyak: Minyak panas rentan terhadap oksidasi dapat menghasilkan senyawa berbahaya seperti aldehida dan keton. Pengendalian suhu dan penggunaan minyak yang stabil penting untuk mencegah oksidasi berlebihan.
- Penyerapan Minyak: Bahan pangan yang digoreng dapat menyerap minyak selama proses penggorengan. Penyerapan minyak yang berlebihan dapat membuat produk pangan menjadi berlemak dan kurang sehat.

Pemahaman yang mendalam tentang prinsip dasar penggorengan, kita dapat mengoptimalkan proses penggorengan untuk menghasilkan produk pangan yang berkualitas tinggi, sehat, dan lezat. Pengendalian suhu, pemilihan minyak yang tepat, dan

pemahaman tentang reaksi kimia dan fisika yang terjadi selama penggorengan sangat penting untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan.

2.4 Metode Penggorengan

Setiap metode penggorengan memiliki kelebihan dan kekurangan tertentu. Pemahaman tentang karakteristik masing-masing metode dapat membantu untuk menghasilkan produk pangan yang berkualitas tinggi dan sehat.

1. Penggorengan dalam Minyak (Deep Frying)

Penggorengan dalam Minyak atau yang lebih dikenal dengan istilah Deep Frying adalah metode memasak di mana bahan pangan direndam sepenuhnya dalam minyak panas untuk menghasilkan produk pangan yang renyah di luar dan matang di dalam.



Gambar 2.1. Penggorengan dalam minyak (deep frying)

1. Proses Deep Frying

- Bahan pangan yang akan digoreng direndam sepenuhnya dalam minyak panas yang biasanya dipanaskan hingga suhu tinggi, sekitar 160-190°C.
- Minyak panas akan menghasilkan reaksi Maillard yang memberikan warna kecoklatan dan rasa yang khas pada produk pangan yang digoreng.
- Selama proses deep frying, uap air di dalam bahan pangan akan menguap, sehingga produk pangan menjadi renyah di luar dan tetap lembut di dalam.

2. Minyak yang Digunakan

- Minyak yang digunakan dalam deep frying harus dipilih dengan cermat karena akan berpengaruh pada rasa, tekstur, dan kesehatan produk pangan yang digoreng.
- Minyak yang sering digunakan untuk deep frying antara lain minyak sayur, minyak kedelai, minyak kanola, dan minyak kelapa.
- Minyak yang memiliki titik asap (smoke point) tinggi lebih disukai karena dapat menahan suhu tinggi tanpa terbakar atau menghasilkan rasa yang tidak enak.

3. Keuntungan Deep Frying

- Deep frying menghasilkan produk pangan dengan tekstur renyah di luar dan lembut di dalam.

- Proses ini membuat produk pangan matang merata dan cepat.
- Deep frying dapat meningkatkan rasa dan aroma produk pangan karena reaksi Maillard yang terjadi selama penggorengan.

4. Kendala Deep Frying

- Penggunaan minyak dalam jumlah besar dapat membuat produk pangan menjadi berlemak.
- Risiko kebakaran dan kecelakaan dapat terjadi jika tidak dilakukan dengan hati-hati.
- Minyak yang digunakan perlu diganti dapat mengalami degradasi akibat panas dan penggunaan berulang.

5. Tips Deep Frying yang Baik

- Pastikan bahan pangan kering sebelum digoreng untuk menghindari percikan minyak.
- Jangan terlalu penuh wadah penggorengan dengan bahan pangan agar minyak tetap panas dan produk pangan matang secara merata.
- Gunakan peralatan penggorengan yang aman dan sesuai, seperti deep fryer dengan pengatur suhu.

Pemahaman yang baik tentang Deep Frying dapat menghasilkan produk pangan yang lezat dan renyah dengan memperhatikan

faktor kunci seperti pemilihan minyak yang tepat, suhu penggorengan yang sesuai, dan teknik penggorengan yang benar.

2. Penggorengan Rendah Minyak (Shallow Frying)

Penggorengan Rendah Minyak atau yang dikenal dengan istilah Shallow Frying adalah metode memasak di mana bahan pangan digoreng dalam jumlah minyak yang lebih sedikit dibandingkan dengan Deep Frying.



Gambar 2.2. Penggorengan rendah minyak (shallow frying)

1. Proses Shallow Frying

- Bahan pangan hanya direndam sebagian dalam minyak panas yang sudah dipanaskan di atas permukaan wajan atau penggorengan.
- Minyak yang digunakan dalam Shallow Frying tidak mencapai kedalaman yang sama seperti dalam Deep Frying.

- Bahan pangan akan digoreng dengan cara dibalik agar matang merata di kedua sisi.

2. Minyak yang Digunakan

- Minyak yang digunakan dalam Shallow Frying biasanya lebih sedikit dibandingkan dengan Deep Frying.
- Minyak yang digunakan untuk Shallow Frying antara lain minyak zaitun, mentega, minyak kelapa, atau minyak sayur.
- Pemilihan minyak yang tepat tetap penting untuk memberikan rasa dan tekstur yang diinginkan pada produk pangan yang digoreng.

3. Keuntungan Shallow Frying

- Shallow Frying membutuhkan jumlah minyak yang lebih sedikit dibandingkan Deep Frying, sehingga lebih hemat.
- Proses ini cocok untuk menggoreng produk pangan yang lebih kecil atau tipis, seperti daging tipis, ikan, atau sayuran.
- Produk pangan yang digoreng dengan metode Shallow Frying cenderung sehat karena penyerapan minyak rendah.

4. Kendala Shallow Frying

- Produk pangan yang digoreng dengan Shallow Frying tidak memiliki tekstur renyah yang sama dengan Deep Frying.
- Memerlukan keterampilan khusus dalam membalikkan produk pangan agar matang merata di kedua sisi.

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

- Suhu minyak harus dikontrol dengan baik agar produk pangan tidak cepat gosong atau terlalu lambat matang.

5. Tips Shallow Frying yang Baik

- Pastikan suhu minyak sudah panas sebelum menambahkan bahan pangan.
- Jangan terlalu banyak menambahkan bahan pangan ke dalam wajan agar suhu minyak tetap stabil.
- Balikkan bahan pangan dengan hati-hati agar matang merata di kedua sisi.

Pemahaman yang baik tentang Shallow Frying dapat menggoreng produk pangan dengan jumlah minyak yang lebih sedikit namun menghasilkan produk pangan yang lezat dan sehat. Teknik ini cocok untuk produk pangan lebih kecil/tipis dengan efisien dan hemat.

3. Penggorengan Kering (Dry Frying)

Penggorengan Kering atau yang dikenal dengan istilah Dry Frying adalah metode memasak dimana bahan pangan digoreng tanpa menggunakan minyak atau lemak tambahan.



Gambar 2.3. Penggorengan kering (dry frying)

1. Proses Dry Frying

- Bahan pangan digoreng di atas permukaan panas, seperti wajan anti lengket atau panci tanpa menambahkan minyak atau lemak tambahan.
- Proses ini mengandalkan panas yang dihasilkan dari permukaan panas untuk memasak dan menghasilkan produk pangan yang garing di luar dan matang di dalam.

2. Keuntungan Dry Frying

- Dry Frying merupakan metode yang lebih sehat karena tidak menggunakan minyak tambahan, sehingga mengurangi asupan lemak dan kalori.
- Bahan pangan yang digoreng dengan metode Dry Frying cenderung lebih rendah lemak dan lebih kering.

- Proses ini cocok untuk menggoreng produk pangan yang memiliki kadar lemak alami yang cukup, seperti daging berlemak atau ikan berminyak.

3. Kendala Dry Frying

- Bahan pangan yang digoreng dengan Dry Frying cenderung tidak memiliki tekstur renyah seperti yang dihasilkan oleh Deep Frying atau Shallow Frying.
- Perhatian ekstra dalam mengontrol suhu dan memastikan produk pangan tidak lengket pada permukaan panas.

4. Tips Dry Frying yang Baik

- Pastikan menggunakan wajan atau panci yang anti lengket untuk mencegah produk pangan lengket pada permukaan.
- Panaskan wajan dengan baik sebelum menambahkan bahan pangan untuk memastikan produk pangan matang secara merata.
- Balikkan produk pangan hati-hati agar matang sempurna di kedua sisi tanpa menggunakan minyak tambahan.

Pemahaman yang baik tentang Dry Frying dapat menggoreng produk pangan dengan lebih sehat tanpa menambahkan minyak tambahan. Meskipun produk pangan yang digoreng dengan metode ini mungkin tidak secrispy produk pangan yang digoreng dengan Deep Frying, namun Dry Frying tetap menjadi pilihan yang baik

untuk mengurangi asupan lemak dan kalori dalam produk pangan yang digoreng.

4. Penggorengan Vakum (Vacuum Frying)

Penggorengan Vakum atau Vacuum Frying adalah metode penggorengan di mana bahan pangan diproses dalam kondisi tekanan vakum yang rendah.



Gambar 2.4. Penggorengan vakum (vacuum frying)

1. Proses Vacuum Frying

- Bahan pangan dimasukkan ke dalam ruang vakum yang kemudian tekanannya dikurangi secara signifikan.
- Penurunan tekanan ini memungkinkan penguapan air dari bahan pangan terjadi pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan penggorengan konvensional.
- Bahan pangan kemudian digoreng dalam minyak panas pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan Deep Frying, sehingga mengurangi risiko terjadinya oksidasi minyak dan pembentukan senyawa berbahaya.

2. Keuntungan Vacuum Frying

- Vacuum Frying memungkinkan bahan pangan diproses pada suhu yang lebih rendah, sehingga nutrisi dan rasa alami bahan pangan dapat dipertahankan dengan lebih baik.
- Proses ini menghasilkan produk pangan yang lebih renyah dan renyah dengan kadar minyak yang lebih rendah dibandingkan dengan Deep Frying.
- Vacuum Frying juga dapat mengurangi pembentukan senyawa berbahaya yang dihasilkan dari oksidasi minyak selama proses penggorengan.

3. Aplikasi Vacuum Frying

- Vacuum Frying sering digunakan untuk menggoreng buah-buahan, sayuran, dan makanan ringan seperti keripik buah dan sayuran.
- Proses ini juga digunakan untuk menghasilkan camilan sehat yang tetap mempertahankan rasa dan nutrisi alami dari bahan pangan.

4. Kendala Vacuum Frying

- Meskipun Vacuum Frying memiliki banyak keuntungan, proses ini memerlukan peralatan khusus yang dapat menahan tekanan vakum dan suhu yang stabil.

- Biaya peralatan dan proses produksi Vacuum Frying biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan metode penggorengan konvensional.
5. Tips Vacuum Frying yang Baik
- Pastikan untuk menggunakan bahan pangan yang segar dan berkualitas tinggi untuk hasil yang terbaik dalam Vacuum Frying.
 - Kontrol suhu dan tekanan vakum dengan cermat selama proses penggorengan untuk menghasilkan produk pangan yang renyah dan sehat.

Pemahaman yang baik tentang Vacuum Frying dapat menghasilkan camilan sehat yang renyah dan lezat dengan mempertahankan nutrisi alami dari bahan pangan. Meskipun memerlukan investasi dalam peralatan dan proses produksi yang lebih canggih, Vacuum Frying merupakan metode penggorengan yang inovatif dan efektif untuk menghasilkan produk pangan yang sehat dan lezat.

5. Penggorengan Udara (Air Frying)

Penggorengan Udara atau Air Frying adalah metode memasak yang menggunakan udara panas yang berputar dengan kecepatan tinggi untuk menghasilkan produk pangan yang renyah dan garing tanpa menggunakan minyak dalam jumlah besar.



Gambar 2.5. Penggorengan udara (air frying)

1. Proses Air Frying

- Udara panas yang berputar dengan kecepatan tinggi dipanaskan hingga suhu tinggi dan disirkulasikan di sekitar bahan pangan yang diletakkan dalam keranjang penggorengan.
- Proses ini memungkinkan bahan pangan menjadi renyah dan garing di luar, sementara tetap matang dan lembut di dalam tanpa perlu menggunakan minyak dalam jumlah besar seperti pada Deep Frying.

2. Keuntungan Air Frying

- Air Frying merupakan alternatif yang lebih sehat daripada Deep Frying karena menggunakan sedikit atau bahkan tidak menggunakan minyak sama sekali, sehingga mengurangi asupan lemak dan kalori.

- Produk pangan yang digoreng dengan metode Air Frying cenderung lebih rendah lemak dan lebih sehat dibandingkan dengan metode penggorengan konvensional.
- Proses ini juga menghasilkan produk pangan yang renyah dan garing dengan tekstur yang mirip dengan produk pangan yang digoreng dengan Deep Frying.

3. Aplikasi Air Frying

- Air Frying sering digunakan untuk menggoreng produk pangan seperti kentang goreng, ayam goreng, ikan goreng, camilan, dan berbagai jenis produk pangan lainnya.
- Metode ini juga cocok untuk memasak produk pangan beku yang biasanya digoreng, sehingga menghasilkan camilan yang lebih sehat dan rendah lemak.

4. Kendala Air Frying

- Meskipun Air Frying memiliki banyak keuntungan, produk pangan yang digoreng dengan metode ini mungkin tidak secrispy seperti produk pangan yang digoreng dengan Deep Frying.
- Beberapa jenis produk pangan mungkin memerlukan sedikit minyak untuk membantu proses pemasakan dan memberikan rasa yang lebih baik.

5. Tips Air Frying yang Baik

- Pastikan untuk menyemprotkan sedikit minyak atau menggunakan bahan pangan yang mengandung sedikit lemak alami untuk hasil yang lebih renyah dan garing.
- Jangan menumpuk terlalu banyak bahan pangan dalam keranjang Air Fryer agar udara panas dapat mengalir dengan baik dan produk pangan matang secara merata.

Pemahaman yang baik tentang Air Frying dapat menikmati produk pangan yang renyah dan garing dengan lebih sehat tanpa harus khawatir tentang asupan lemak yang berlebihan. Meskipun mungkin memerlukan sedikit penyesuaian dalam penggunaan minyak atau bahan pangan yang digunakan, Air Frying menjadi pilihan yang baik untuk memasak produk pangan dengan lebih sehat dan rendah lemak.

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Penggorengan

Kita dapat mencapai hasil penggorengan yang baik, dengan tekstur, rasa, dan kualitas yang diinginkan dengan memperhatikan faktor-faktor di atas dan melakukan penyesuaian yang tepat sesuai dengan jenis produk pangan yang digoreng, jenis minyak yang digunakan, serta suhu dan waktu penggorengan yang optimum.

1. Kontaminasi Kimia dan Fisik

- Kontaminasi Kimia: Kontaminasi kimia dalam produk pangan goreng dapat terjadi melalui proses penggorengan yang tidak tepat, seperti pembentukan senyawa berbahaya akibat oksidasi minyak. Senyawa berbahaya seperti acrylamide dan heterocyclic aromatic amines dapat terbentuk selama penggorengan pada suhu tinggi.
- Kontaminasi Fisik: Kontaminasi fisik dapat terjadi jika bahan asing seperti serpihan logam atau partikel lain masuk ke dalam minyak atau produk pangan selama proses penggorengan. Hal ini dapat membahayakan kesehatan konsumen dan mempengaruhi kualitas produk pangan.

2. Penggunaan Minyak Berulang

- Penggunaan minyak berulang kali dalam proses penggorengan dapat menyebabkan degradasi minyak dan pembentukan senyawa berbahaya. Minyak yang telah digunakan berkali-kali cenderung mengandung lebih banyak TPM (Total Polar Materials) yang dapat membahayakan kesehatan.
- Penting untuk memperhatikan kualitas minyak secara teratur dan menggantinya ketika mencapai batas penggunaan yang aman untuk mencegah kontaminasi dan menjaga kualitas produk pangan.

3. Standar Kualitas Produk Pangan Goreng

- Standar kualitas produk pangan goreng mengacu pada pedoman dan batasan yang ditetapkan untuk memastikan keamanan dan kualitas produk pangan yang digoreng serta batas-batas untuk senyawa berbahaya, nilai TPM dalam minyak, dan parameter kualitas lainnya.
- Organisasi seperti Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) dan Badan Standarisasi Nasional (BSN) biasanya menetapkan standar kualitas produk pangan goreng yang harus dipatuhi oleh produsen pangan.

4. Pengujian dan Pengendalian Kualitas

- Pengujian kualitas produk pangan goreng melibatkan analisis minyak penggorengan untuk mengukur tingkat TPM, asam lemak bebas, dan parameter lain yang mengindikasikan kualitas minyak.
- Pengendalian kualitas melibatkan langkah-langkah seperti pengaturan suhu penggorengan, penggunaan minyak yang tepat, pemilihan bahan pangan yang berkualitas baik, dan kebersihan peralatan penggorengan untuk mencegah kontaminasi dan memastikan kualitas produk pangan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Zeb, A. (2019). *Food frying: chemistry, biochemistry, and safety*. John Wiley & Sons.
- Dunford, N. (2003). *Deep-fat frying basics for food services: Fryer, oil and frying temperature selection*. Oklahoma Cooperative Extension Service.
- Eichenlaub, S., & Koh, C. (2015). Modeling of food-frying processes. In *Modeling Food Processing Operations* (pp. 163-184). Woodhead Publishing.
- Singh, A., Wani, S. A., & Kumar, P. (Eds.). (2023). *Frying Technology: Recent Development, Challenges, and Prospects*.
- Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., & Akinsola, A. O. (2018). Frying of food: a critical review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(2), 107-127.
- Frakolaki, G., Kekes, T., Bizymis, A. P., Giannou, V., & Tzia, C. (2023). Fundamentals of food frying processes. In *High-Temperature Processing of Food Products* (pp. 227-291). Woodhead Publishing.
- Eichenlaub, S., & Koh, C. (2015). Modeling of food-frying processes. In *Modeling Food Processing Operations* (pp. 163-184). Woodhead Publishing.
- Erickson, M. D. (Ed.). (2015). *Deep frying: chemistry, nutrition, and*

practical applications. Elsevier.

Télliez-Morales, J. A., Rodríguez-Miranda, J., & Aguilar-Garay, R. (2024). Review of the influence of hot air frying on food quality. *Measurement: Food*, 100153.

Susanto, A., Syska, K., Ropiudin, Nurhayati, A.D., Istiqomah, K., Aulia, R., Hakim, A.L., Estiningrum, D.P., Maskuri, K., Najib, A.A., Insani, C., Subekti, I., Qodriyah, L., Ayuningtyas, S.A., Alfiana, Y.E., Sukesi, R., Zahroh, I., & Pranoto, R.A.S. (2024). Karakteristik nugget ikan yang diperkaya dengan daun beluntas (*Pluchea indica* L.) sebagai pangan fungsional. *Jurnal Agritechno*, 59-68.

BAB 3

PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN SUHU RENDAH

3.1 Pendahuluan

Dengan meningkatnya kualitas hidup masyarakat, kebutuhan konsumen akan pangan semakin meningkat setiap harinya. Makanan perlu diawetkan dengan salah satu caranya yaitu mengolah menggunakan suhu rendah. Pengolahan menggunakan suhu rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, memperlambat aktivitas enzim, dan mempertahankan rasa asli dan nutrisi makanan. Untuk memperpanjang waktu pengawetan pangan, perlu dilakukan pengurangan faktor-faktor yang mempengaruhi mutu pangan selama pengolahan pangan. Pengolahan menggunakan suhu rendah secara tradisional meliputi pembekuan, pendinginan dan pencairan. Sedangkan pengolahan suhu rendah dengan teknologi baru (*advance*) meliputi *pulsed electric field treatment* (PEF), *high pressure freezing*, *ultra rapid freezing* (URF), *ultra sound freezing* (USF), *pressure-shift freezing* (PSF), pencairan medan listrik tegangan tinggi (*high voltage electric field thawing*/HVEF), pencairan frekuensi radio (*radio frequency*

thawing), dan pencairan ultrasound (*ultra sound assisted thawing*). Pembentukan dan distribusi kristal es memiliki efek penting pada sel makanan selama pembekuan dan pertumbuhan kristal es perlu dikontrol. Selama proses *thawing*, oksidasi lemak merupakan salah satu indikator penting yang mempengaruhi kualitas, dan perlu dipertimbangkan bagaimana meningkatkan stabilitas lemak. Selama proses pendinginan, aktivitas mikroorganisme dan enzim mempercepat pembusukan dan kerusakan makanan. Peningkatan mutu pangan perlu dilakukan dengan cara menonaktifkan aktivitas enzim.

3.2 Freezing

Pembekuan memperlambat reaksi fisikokimia dan biokimia dengan membentuk es dari air di bawah suhu titik beku dan dengan demikian menghambat pertumbuhan mikroorganisme perusak dan patogen dalam makanan. Ini mengurangi jumlah air dalam makanan dan mengurangi aktivitas air. Perpindahan panas selama pembekuan suatu bahan makanan melibatkan situasi kompleks fase transisi simultan dan perubahan sifat termal. Nukleasi dan pertumbuhan adalah dua hal mendasar dalam proses pembekuan yang berurutan. Nukleasi artinya pembentukan kristal es, yang diikuti dengan pertumbuhan proses yang menunjukkan peningkatan ukuran kristal selanjutnya.

Waktu pembekuan didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk menurunkan suhu awal suatu produk ke suhu tertentu di pusat termalnya. Secara umum, pembekuan lambat (*slow freezing*) dari jaringan makanan menghasilkan pembentukan kristal es yang lebih besar di ruang ekstraseluler, sementara pembekuan cepat (*rapid freezing*) menghasilkan kristal es kecil yang didistribusikan ke seluruh jaringan. Berbagai faktor waktu pembekuan dikaitkan dengan produk makanan dan peralatan pembekuan. Dimensi dan bentuk produk, suhu awal dan akhir, suhu media pendingin, koefisien perpindahan panas, permukaan produk, dan perubahan entalpi dan konduktivitas termal produk adalah faktor yang paling penting diantara faktor-faktor tersebut.

Pembekuan cepat individual (*individual quick freezing/IQF*) umumnya berkaitan dengan pembekuan cepat makanan padat seperti kacang hijau, kembang kol, udang, potongan daging, dan ikan. Disisi lain, pembekuan berhubungan dengan produk cair, *pulpy* atau produk semi-cair seperti jus buah, daging buah mangga, dan daging buah pepaya dikenal sebagai pembekuan cepat. Kristal es yang terbentuk dari pembekuan cepat berukuran jauh lebih kecil sehingga lebih sedikit kerusakan-nya terhadap struktur sel atau tekstur makanan. Periode pembekuan yang lebih pendek menghambat difusi garam dan mencegah dekomposisi makanan selama pembekuan. IQF juga memungkinkan pada kapasitas yang

lebih tinggi yaitu untuk pabrik pembekuan komersial dengan pengurangan biaya yang dihasilkan. Namun, investasi yang lebih tinggi diperlukan untuk mendirikan pabrik pembekuan cepat. Berbeda dengan pembekuan cepat, pembekuan pelat kontak (*contact plate freezing*), *air-blast freezing* dan *cryogenic freezing* digunakan untuk mengolah bahan makanan.

3.3 Chilling

Dalam proses pendinginan, suhu makanan dipertahankan antara -1 dan 8° C. Proses pendinginan mengurangi suhu awal produk dan dipertahankan suhu akhir produk untuk jangka waktu lama. Ini digunakan untuk mengurangi laju biokimia, perubahan mikrobiologis dan juga untuk memperpanjang umur simpan makanan segar dan olahan. Dalam praktiknya, proses pembekuan sering disebut pendinginan, ketika pendinginan dilakukan pada suhu $<15^{\circ}$ C. Pembekuan parsial diterapkan untuk memperpanjang umur simpan makanan segar di industri makanan modern. Proses ini diketahui mengurangi pembentukan es dalam makanan, dikenal sebagai *super chilling* (sangat dingin).

Pendinginan dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai peralatan, seperti pendingin udara kontinyu (*continuous air cooler*), es bank pendingin (*ice bank cooler*), pelat penukar panas (*plate heat exchanger*), penukar panas berjaket (*jacketed heat exchanger*),

sistem implementasi es (*ice implementation system*), sistem atribusi vakum (*vacuum attribution system*), dan ruang kriogenik (*cryogenic chamber*). Laju pendinginan terutama bergantung pada konduktivitas panas, suhu awal makanan, densitas, kadar air, ada tidaknya penutup wadah penyimpanan makanan, adanya kantong plastik sebagai peralatan kemasan makanan, dan ukuran serta berat unit makanan.

Penyimpanan pendinginan banyak digunakan untuk pengawetan jangka pendek. Pendinginan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan mencegah aktivitas metabolisme jaringan hewan dan tumbuhan. Hal ini juga menghambat reaksi kimia yang buruk, meliputi pencoklatan oksidatif yang dikatalis enzim, oksidasi lemak dan perubahan kimia yang berhubungan dengan degradasi warna. Penyimpanan dingin juga memperlambat autolisis ikan, menyebabkan hilangnya nilai nutrisi makanan dan akhirnya menunjukkan hilangnya kelembaban. Pendinginan membutuhkan banyak modal karena proses ini memerlukan peralatan khusus dan modifikasi struktural. Pendinginan dapat mengurangi kerenyahan bahan makanan tertentu. Proses pendinginan juga menyebabkan dehidrasi pada permukaan makanan yang tidak dikemas, yang merupakan keterbatasan utama proses pendinginan.

3.4. Pulsed Electric Field Treatment

Perlakuan medan listrik berdenyut (PEF) menghasilkan denyut listrik intens bertegangan tinggi pada makanan yang ditempatkan antara dua elektroda konduktif untuk interval waktu yang pendek. PEF tegangan tinggi mengembangkan transfer massa yang mempengaruhi permeabilitas sel membran, karena permeabilitas jaringan aksesibilitas bahan internal meningkat.

PEF tersebar luas dan diterapkan dalam industri makanan untuk meningkatkan ekstraksi senyawa yang berharga. Ini digunakan untuk mempercepat pengeringan dan menonaktifkan mikroorganisme dengan menyediakan medan listrik tegangan tinggi. PEF meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa dari buah-buahan dan sayur-sayuran.

PEF intensitas tinggi digunakan untuk menonaktifkan mikroorganisme dalam makanan sedangkan kekuatan medan intensitas rendah digunakan untuk peningkatan hasil ekstraksi. Selain itu, PEF dapat menyebabkan kerusakan pada sel, membran dan jaringan. Tegangan tinggi juga dapat menginduksi beberapa tekanan pada membran sel dan menghasilkan gerakan elektroforesis dalam sel makanan. Tingkat pembekuan meningkat dan waktu pembekuan berkurang seiring dengan bertambahnya waktu permeabilitas sel.

Pada daun bayam, dengan perlakuan medan listrik berdenyut dan vakum impregnasi kriopektan (trehalose, mannitol, sukrosa dan glukosa), pengaruh PEF pada suhu beku daun dan propagasi es diamati. Daun dikenai medan listrik berdenyut memiliki suhu pembekuan yang tinggi dibandingkan daun lainnya saat es merambat masuk tidak dipengaruhi oleh PEF. Pada kentang diberlakukan PEF dengan kekuatan medan 30-500 v/cm. Beberapa respon metabolik, perubahan hambatan listrik dan respon impedansi juga dilakukan pengukuran selain perlakuan CaCl_2 dan trehalose untuk mencegah pelunakan setelah pencairan es (*defrosting*).

3.5 High Pressure Freezing

Pembekuan bertekanan tinggi (HPF) merupakan sebuah kemajuan teknologi dalam pengolahan makanan sejak 10 tahun terakhir. Makanan beku memiliki kualitas mutu tinggi, tinggi nilai gizi dan faktor sensori. Untuk menjaga kualitas makanan beku, persiapan pra-pembekuan dan post-pembekuan, perlakuan penyimpanan harus dilakukan dengan hati-hati. Tujuan dari HPF adalah untuk mengubah reaksi hidrofobik dan elektrostatik dalam struktur protein. Saat bahan pangan berada di bawah tekanan tinggi, suhu air yang ada dalam makanan tersebut berkurang. Makanan mengalami distribusi tekanan yang seragam dan merata

terlepas dari ukuran dan geometri. Ini efektif pada semua suhu, tanpa atau sedikit terjadi kerusakan struktur tanpa menggunakan bahan kimia. Proses ini berbiaya rendah dengan sedikit waktu yang memberikan retensi yang tinggi terhadap warna, tekstur, kenampakan, aroma dan nilai nutrisi yang tinggi. Saat tekanan dilepaskan, suhu rendah mengembangkan kristal es berukuran kecil yang didistribusikan ke seluruh sampel makanan secara seragam. Ketika air dibekukan pada tekanan tinggi sejumlah besar es acak yang berat terbentuk menghasilkan kerusakan histologi pada jaringan dan terjadi pelunakan secara berlebihan.

Ketika produk terkena tekanan dari 100 Mpa hingga 1000 Mpa, air melewati formasi es yang berbeda (tipe 1 ke tipe 6) pada tekanan dan suhu yang berbeda. Kristalisasi es terjadi pada suhu rendah, densitas es, volume dan stabilitas es juga bervariasi dengan jenis es. Selama pembekuan, volume air dan kepadatan es berubah seiring terbentuknya es. Es tipe 1 memiliki masa jenis lebih rendah yaitu $0,92 \text{ g/cm}^3$ dibandingkan air. Saat air berada di bawah tekanan tinggi, titik beku air turun dari 0° C di tekanan awal $0,1 \text{ MPa}$ hingga -21° C pada tekanan akhir 210 MPa . Variasi tekanan dan suhu memberikan perbedaan jenis es (tipe 1 hingga 6). Densitas es bervariasi dengan tekanan es (yaitu kepadatan es $1 < \text{es } 2 < \text{es } 3 < \text{es } 4 < \text{es } 5 < \text{es } 6$). Karena ukuran es bergantung pada jumlah kristal es yang terbentuk, misal tipe es 3 memiliki ukuran yang lebih kecil

daripada es tipe 1. Pada tekanan atmosfer tipe es 4 menjadi tidak stabil dan diubah menjadi tipe es 1 setelah beberapa waktu. Ketika suhu dan tekanan berada di bawah kendali diperoleh es tipe 1 dan es tipe 5.

HPF tidak hanya menghambat pertumbuhan mikroorganisme tetapi juga memperpanjang umur simpan makanan untuk jangka waktu lama dengan retensi nilai gizi dan karakteristik organoleptik yang lengkap. Untuk krioimmobilisasi sampel makanan seperti jaringan hewan, tumbuhan dan mikroorganisme, hanya mungkin dilakukan dengan pembekuan bertekanan tinggi yang mempertahankan struktur ultra.

3.6 Ultra Rapid Freezing

Dalam pembekuan ultra cepat (URF), makanan dibekukan di bawah suhu -25°C dan disimpan di bawah -18°C . Makanan dibekukan dengan cepat pada laju pembekuan yang tinggi yaitu 10 cm/jam dimana dihasilkan distribusi seragam kristal es yang lebih kecil, karena itu dapat mempertahankan rasa, warna, dan tekstur makanan. Karena untuk menghasilkan kristal es kecil dalam jumlah banyak, struktur selular dan integritas sel lebih dapat terpelihara dengan sedikit kerusakan. Untuk itu, penggunaan teknologi pembekuan ultra cepat meningkat yang dilakukan oleh industri makanan. URF memiliki beberapa keuntungan seperti pembekuan

sampel secara cepat, produksi inti dalam jumlah besar, dan pengembangan kristal es yang terdistribusi secara merata. Keuntungan ini dapat menjaga kualitas produk makanan beku.

3.7 *Ultra Sound Freezing*

Ultra sound freezing (USF) merupakan teknologi tingkat lanjut yang menjanjikan dalam industri makanan. Metode ini terdiri dari gelombang suara yang diperoleh dari pergerakan molekul atom-atom yang berosilasi dalam medium. Gelombang yang dihasilkan oleh ultrasound memiliki frekuensi tinggi sekitar 20 KHz yang tidak dapat ditangkap oleh telinga manusia. Ini menerapkan prinsip ultrasound yang jangkauannya terbagi menjadi dua bentuk gelombang yaitu intensitas rendah dan tinggi. Gelombang ini dapat mengendalikan proses kristalisasi. Intensitas rendah berfluktuasi antara 5-10 MHz dan intensitas tinggi berkisar antara 20-100 KHz.

Karena pengaruh yang kuat terhadap USF, pembentukan inti dan kristal cepat terjadi dan waktu yang sedikit dibutuhkan dalam proses kristalisasi. Hal ini menyebabkan tidak ada atau sedikit terjadi kerusakan pada struktur makanan. Teknik menggunakan *ultrasound* mengawetkan dan menjaga mikrostruktur makanan untuk membentuk inti dalam mengontrol ukuran dan keseragaman distribusi selama pembekuan. Kekuatan *ultrasound* memiliki berbagai manfaat seperti mengurangi beberapa efek buruk selama

pembekuan, meningkatkan proses transfer panas dan transfer masa serta mengurangi waktu pembekuan.

Selama USF, akustik kavitasi terjadi dari sejumlah besar gelembung cair kecil. Tekanan tinggi dihasilkan karena runtuhnya aktivitas gelembung kavitasi. Tekanan tinggi meningkatkan proses nukleasi dengan menaikkan kesetimbangan suhu beku. Gelembung kavitasi bertindak sebagai inti dalam pertumbuhan kristal. Inti dipecah menjadi fragmen atau kristal yang lebih kecil. Kavitasi *ultrasound* memperkuat proses nukleasi, pertumbuhan kristal dan transportasi proses kristal es sepanjang batas padatan cairan.

Proses nukleasi terdiri dari dua jalur yang merupakan nukleasi primer dan sekunder. Kedua proses nukleasi es dimunculkan oleh peningkatan kekuatan *ultrasound* karena peningkatan suhu nukleasi. Gelembung kavitasi hanya bertanggung jawab atas pembentukan inti. Nukleasi primer adalah pembentukan kristal dalam suatu larutan tanpa adanya kristal es di dalam larutan sedangkan nukleasi sekunder adalah pembentukan kristal di dalam larutan dengan kristal.

USF menghasilkan beberapa perubahan fisik dan kimia dalam medium dan perubahan ini meningkatkan efisiensi operasi pembekuan makanan. *Ultrasound* menghasilkan proses pembekuan lebih aktif dengan meningkatkan laju transfer panas, massa dan keseragaman distribusi kristal es. Waktu pembekuan dan derajat

pembekuan dapat ditentukan dengan menggunakan proses USF. Penerapan USF intensitas rendah dapat meningkatkan efisiensi proses pembekuan. Teknik *ultrasound* untuk mempercepat proses pembekuan dalam makanan padat, cair, buah-buahan dan sayuran. Teknik ini mempertahankan struktur mikro dan meningkatkan laju pembekuan dengan meningkatkan transfer panas dan efisiensi transfer massa.

3.8 Pressure Shift Freezing

Air berwujud cair pada tekanan 210 MPa diterapkan pada suhu -22° C. Kristal dan inti terbentuk ketika tekanan tinggi diterapkan. Air dipertahankan pada suhu di atas titik beku pada tekanan yang sama. Secara tiba-tiba tekanan dilepaskan menghasilkan pendinginan super dan proses ini dikenal sebagai *pressure shift freezing* (PSF). PSF memberikan secara seketika dan distribusi kristal yang seragam dalam sampel yang menghasilkan sejumlah besar kristal kecil yang menjaga struktur komponen makanan. Pendinginan super dalam makanan hanya dicapai dengan PSF. Selama pembekuan ultrasound, ikatan garam dipecah dengan interaksi hidrofobik, sementara ikatan hidrogen menjadi lebih kuat dari sebelumnya karena tekanan diterapkan. Ikatan kovalen tidak sensitif terhadap tekanan. Beberapa efek buruk pada protein diamati karena tekanan tinggi seperti disosiasi oligometri, struktur

unfolding, denaturasi dan agregasi. PSF memiliki keuntungan seperti laju kristalisasi yang lebih tinggi (daripada pembekuan konvensional), waktu *thawing* lebih pendek dan *drip loss* serta penghancuran mikroorganisme yang ada dalam sampel. Beberapa efek merugikan akibat tekanan tinggi seperti perubahan warna, tekstur dan perubahan konformasi pada protein juga terlihat.

3.9 HVEF *Thawing*

Thawing (pencairan) merupakan proses konversi makanan beku untuk dicairkan. Selama proses pembekuan suhu rendah, panas disuplai ke makanan beku untuk mencairkan es yang terbentuk. Waktu pencairan adalah waktu yang dibutuhkan kristal es dalam makanan beku agar kembali menjadi air sepenuhnya. Selama pencairan, makanan mengalami kerusakan fisika dan kimia akibat tindakan mikroorganisme sisa di permukaan makanan.

Pencairan medan Listrik tegangan tinggi (HVEF) adalah teknologi pencairan non termal yang canggih. Tegangan tinggi AC atau DC digunakan dalam proses pembekuan HVEF dengan sistem elektroda multipoin dan pelat. Tegangan tinggi digunakan untuk mempercepat proses pencairan di dalam makanan beku. Selama proses pencairan HVEF, tegangan tinggi menghasilkan angin corona. Angin ini menyebabkan turbulensi yang mempercepat perpindahan panas dan massa karenanya laju pencairan meningkat.

HVEF mempunyai keuntungan seperti waktu pencairan yang dibutuhkan lebih sedikit, kualitas tetap terjaga, pertumbuhan mikroba terbatas dan konsumsi energi rendah jika dibandingkan dengan metode pencairan yang lain. Beberapa kelemahan HVEF seperti perubahan warna daging, penurunan berat bahan makanan, dan oksidasi lipid karena waktu pencairan yang tinggi.

3.10 Radio Frequency Thawing

Pembekuan dan pencairan adalah dua proses pangan dan berlawanan satu sama lain. Pembekuan adalah unit utama operasi dalam pengawetan. Sebelum mengkonsumsi makanan, makanan harus dicairkan (contoh, makanan beku). Minimum waktu pencairan diperlukan untuk mengurangi kerusakan pada makanan dan kualitasnya. Untuk mencegah kerusakan, *radio frequency thawing* (RFT) menjadi hal yang dipertimbangkan. Waktu pencairan dalam RFT tergantung pada beberapa faktor seperti keseragaman blok sampel dan titik dielektrik. Namun, hilangnya kelembaban, perubahan struktur protein, pertumbuhan mikroorganisme dan perubahan tekstur sampel dapat dipengaruhi oleh proses RFT.

Selama proses RFT, sistem menghasilkan panas dalam sampel dengan perpindahan ionik dan rotasi dipol. Panas yang dihasilkan dalam makanan frekuensinya berkisar antara 1-300 MHz, yang mengkonversi energi listrik menjadi radiasi elektromagnetik.

Perbandingan antara metode RFT dan pencairan udara konvensional dilakukan pada sifat *water holding capacity* (WHC) daging sapi tanpa lemak. Metode RFT menghasilkan penurunan kehilangan tetesan dengan $p < 0.05$ ketika dibandingkan dengan pencairan udara kondisi normal. Hilangnya makronutrien juga terjadi pada sampel beku. RFT meminimalisir waktu pencairan dengan kerusakan paling sedikit untuk struktur makanan. Selain itu, juga dilakukan model komputasi dengan sistem *free running* osilator RF dan potensi distribusi pada daging sapi tanpa lemak.

DAFTAR PUSTAKA

- Admane D C., Karadbhajne, S V. 2019. Advance in low temperature processing. Intern Jour of Engin Trends and Technol, 67, 10, 100-112.
- Ammar A., Salah, N A., Asaad, R S., Al-Hilphy., Naoufal, L., Dennis, G., Watson and Salam, A I. 2019. Critical review of radio-frequency (RF) heating applications in food processing. Food Quality and Safety, XX, 1–11.
- Amit S K, Uddin Md M., Rahman R., Islam S M R., Khan M S. 2017. A review on mechanism and commercial aspects of food preservation and processing. Agri. & Food Secur, 6, 51, 1-22. DOI 10.1186/s40066-017-0130-8.
- Archer, M., Edmonds, M., George, Martin. Seafood Thawing. 2008. Research & Development Department, SR598.
- Chang-Wei H., Cheng-Hung, L., Wai-Jane, H., Su-Chen, H., Wen-Ching, K. 2010. Effect of thawing and cold storage on frozen chicken thigh meat quality by high voltage electrostatic field. Journal of Food Science, 75, Nr. 4.
- Cheng X., Zhang, M., Xu, B., Adhikari, B., Sun, J. 2015. The principles of ultrasound and its application in freezing related processes of food materials: A review. Ultrasonics Sonochemistry, 27, 2015, 576-585.

- Ding C., Jiabao, N., Song, Z., Gao, Z., Deng, S., Xu, J., Wang, G., Bai, Y. High voltage electric field-assisted thawing of frozen tofu: effect of process parameters and electrode configuration. 2018. Hindawi Journal of Food Quality, 2018, 5191075, 1-8.
- Dominique C., Amaral, Sequeira-Munoz, A Le B., Benjamin, K Simpson., Mohamed, G. 2000. Effect of pressure shift freezing, air-blast freezing and storage on some biochemical and physical properties of turbot (*Scophthalmus maximus*). Lebensm Wiss. u. Technol, 33, 570-577.
- Farag K W., Duggan, E., Morgan, D J., Cronin, D A., Lyng, J G. 2009. A comparison of conventional and radio frequency defrosting of lean beef meats: Effects on water binding characteristics. Meat Science, 83, 2, 278–284.
- Koch H., Seyderhelm, I., Wille, P., Kalichevsky, M T., Knorr, D. 1996. Pressure-shift freezing and its influence on texture, colour, microstructure and rehydration behaviour of potato cubes. Food Nahrung, 40, 3125-131.
- Mortazavi A., Tabatabaie, F. 2008. Study of ice cream freezing process after treatment with ultrasound, World Applied Sciences Journal, 4, 2, 188-190.
- Rahmi U., Bedane, T F., Erdogdu, F., Palazoglu, T K., Farag, K W., Marra, F. 2015. Radio-frequency thawing of food products – A computational study. Journal of Food Engineering, 146,

2015, 163–171.

Tironi V., Lebail, A., de Lamballerie, M. 2007. Effects of pressure-shift freezing and pressure-assisted thawing on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. *Journal of Food Science*, 72, 7, C381-7.

Wu X F., Zhang, M., Adhikari, B., Sun, J. 2017. Recent developments in novel freezing and thawing technologies applied to foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 17, 3620–3631.

Tao Y., Sun, D W. 2015. Enhancement of food processes by ultrasound: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 4, 570–594.

BAB 4

PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN SUHU TINGGI

4.1 Pendahuluan

Pencegahan pertumbuhan mikroorganisme patogen dalam makanan telah mengalami kemajuan melalui pengembangan berbagai sistem pengawetan. Tantangan yang dihadapi industri saat ini adalah memastikan kualitas makanan. Ketiadaan mikroorganisme pembusuk dan patogen dalam makanan biasanya disebabkan oleh penambahan berbagai bahan pengawet dan penambahan zat antimikroba. Tekanan konsumen secara terus menerus menginginkan lebih banyak produk makanan alami dan bebas kimia dengan label bersih, industri makanan terus mencari bentuk alternatif pengolahan makanan sesuai dengan tuntutan konsumen.

Kontaminasi makanan oleh mikroorganisme merupakan masalah Kesehatan Masyarakat yang signifikan, Dimana jamur menyebabkan kerusakan dan bakteri *foodborne illness* (penyakit bawaan dari makanan). Spora seperti *Clostridium thermosaccolyticum*, *Bacillus spp.*, dan *Clostridium botulinum*, juga

dapat menimbulkan risiko Kesehatan karena seringkali sangat tahan panas dan tumbuh subur dalam kondisi anaerobik. *Foodborne illness* mempengaruhi miliaran orang setiap tahunnya dan memberikan beban yang signifikan terhadap Kesehatan secara global.

Nutrisi yang melimpah ditemukan dalam makanan yang merupakan substrat yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme, dan inaktivasi nya merupakan parameter penting untuk keamanan pangan. Pengawetan dan pengolahan dengan metode termal seperti pasteurisasi, sterilisasi dan pengemasan aseptik telah efisien untuk inaktivasi mikroorganisme dan enzim pembusuk selain untuk menjamin keamanan pangan.

4.2 Teknologi Panas dalam Proses Makanan

4.2.1 Pasteurisasi, sterilisasi dan pengemasan aseptik

Salah satu unit operasi terpenting dalam pengolahan makanan adalah proses termal. Pengawetan pangan bergantung pada operasi pangan utama seperti pengalengan, pasteurisasi dan sterilisasi untuk menghancurkan bakteri pathogen. Metode konvensional dalam proses wadah panas melibatkan pengalengan makanan secara hermetis diikuti dengan perlakuan panas untuk suhu-waktu tertentu untuk menonaktifkan pertumbuhan bakteri pathogen dan memperpanjang umur simpan produk dengan meminimalkan penurunan mutu. Contohnya adalah *high temperature short time*

(HTST), *low temperature long time* (LTLT) atau *ultra high temperature* (UHT).

a. Pengemasan aseptik

Integritas *seal* (segel), proses *lethal* yang memadai, dan kebersihan pasca proses adalah faktor terpenting yang harus dipertimbangkan dalam proses termal. Segel kedap udara membawa integritas segel, sehingga membantu mencegah kontaminasi ulang dan menciptakan lingkungan di dalam wadah yang mencegah pertumbuhan mikroorganisme lain yang memiliki ketahanan panas lebih tinggi, juga membantu mencegah produksi racun dari pathogen. Jadwal waktu-suhu yang dibutuhkan untuk proses *lethality* harus efektif untuk menghilangkan spora mesofilik anaerob yang paling tahan panas pembentuk pathogen *Clostridium botulinum*.

Pengolahan aseptik menjadi alternatif proses termal pangan dan teknik pengemasan melibatkan pengemasan produk yang disterilkan dengan termal secara komersial ke dalam produk yang disterilkan dalam wadah dan kemudian *sealing* produk pada kondisi steril untuk mencegah rekontaminasi mikroba pada produk. Proses ini memerlukan salah satu proses termal (pasteurisasi atau sterilisasi) sebelum kemasan aseptik. Sistem aseptik menggunakan UHT, merupakan pemanasan cepat pada suhu yang lebih tinggi dari suhu pasteurisasi. Jenis proses aseptik yang khas melibatkan

penerimaan bahan makanan, pemanasan aliran, penahanan pada waktu yang sesuai untuk sterilisasi, dan pendinginan untuk pengisian. Wadah biasanya sudah disterilkan dan diperiksa kualitasnya, dilakukan pengisian dan penyegelan kedap udara dalam wadah yang aseptik. Dalam pengisian aseptik, produk makanan dan kemasannya disterilkan secara terus menerus secara terpisah kemudian bertemu dalam bahan pengisi aseptik yang lingkungannya steril, dan menjadikan berbeda dengan metode pengemasan makanan secara tradisional.

Tingginya tingkat penghancuran mikroba dan peningkatan kualitas produk dicapai dengan proses aseptik dibandingkan dengan proses termal secara tradisional seperti pengalengan. Desain proses aseptik bervariasi untuk setiap makanan yang berbeda. Desain pengolahan aseptik untuk produk pangan heterogen (cair-pangan partikulat) lebih rumit karena distribusi ukuran partikel padatan yang tidak teratur, waktu tinggal yang berbeda, pengukuran suhu partikel yang bergerak, dan estimasi konvektif koefisien perpindahan panas pada permukaan partikel.

Nilai letalitas (F_0) dari pengolahan makanan secara aseptik digunakan untuk mengukur target inaktivasi spora dalam proses sterilisasi. Desain sistem pengolahan makanan aseptik harus mencakup pemanasan dan penahanan (sterilisasi) setiap partikel produk pangan paling sedikit selama waktu minimum yang

ditentukan dalam proses. Sterilisasi komersial perlu dicapai di lokasi terdingin (normalnya, tengah) dari partikel yang bergerak paling cepat. Suhu di pusat partikel yang bergerak paling cepat bergantung pada sifat-sifat partikel dan fluida pembawa, kecepatan dan rotasi partikel, distribusi waktu tinggal dan karakterisasi mekanisme perpindahan panas. Proses termal harus dinilai dengan penentuan koefisien perpindahan panas antara fluida dan partikel dalam kondisi aliran kontinu. Medan aliran fluida di sekitar partikel padat, sifat termal dan reologi fluida serta dimensi partikel dan pipa merupakan parameter utama yang mempengaruhi koefisien perpindahan panas konvektif fluida ke partikel.

Produk yang diproses dengan UHT dan diisi secara aseptik seperti produk susu cair, makanan bayi, makanan penutup, saus, sup, jus buah dan minuman ringan. Perlakuan panas tinggi (135 – 150° C) dalam waktu sangat singkat (3 – 5 detik) dilakukan yang dilanjutkan dengan pengisian aseptik ke dalam berbagai format kemasan, antara lain karton, botol plastik, botol kaca dan kantong foil. Bahan plastik besar atau drum logam atau kantong fleksibel yang besar bisa menjadi alternatif digunakan. Panas (uap jenuh, uap super panas, udara panas, campuran udara panas dan uap), bahan kimia (hidrogen peroksida, ozon, klorin, asam perasetat), iradiasi (sinar pengion, ultraviolet, inframerah) atau kombinasi dari metode-

metode ini adalah metode yang digunakan untuk mensterilkan kemasan untuk proses aseptik.

b. Pasteurisasi

Pasteurisasi merupakan metode perlakuan panas yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen di dalam makanan, membantu mengurangi atau menghilangkan patogen pada makanan dengan kelembaban rendah dan tinggi serta mengurangi aktivitas enzimatik. Selain itu juga dapat memperpanjang umur simpan produk untuk jangka waktu terbatas. Teknologi yang digunakan untuk pasteurisasi makanan dengan kadar air rendah mencakup proses termal konvensional seperti *baking*, pemanggangan, dan ekstrusi, proses kontrol kondensasi uap, dan teknologi berbasis energi seperti iradiasi, pemanasan frekuensi radio, dan plasma atmosfer dingin. Untuk inaktivasi mikroba pada makanan dengan kelembaban tinggi seperti jus atau pulp, metode yang dimanfaatkan meliputi pasteurisasi termal, pemanasan dielektrik, dan gelombang mikro. Pasteurisasi adalah perlakuan panas yang relatif ringan terhadap makanan biasanya lebih rendah dari 100° C, bertujuan untuk menghancurkan sel-sel vegetatif semua patogen serta sebagian besar mikroorganisme nonpatogen. Pasteurisasi biasanya dikombinasikan dengan pengawetan lain, seperti keasaman, aktivitas air rendah, dan suhu penyimpanan rendah. Penonaktifan organisme secara tradisional

dilakukan dengan proses termal yang dapat mengubah rasa, warna, dan nilai gizi produk.

Uap telah digunakan dalam pasteurisasi proses makanan dengan kelembaban rendah versus iradiasi dan pasteurisasi gas menggunakan etilen oksida (EtO) atau propilena oksida (PPO). Etilen oksida (EtO) dan propilen oksida (PPO) merupakan fumigan yang efektif dalam pencapaian yang signifikan mengurangi populasi mikroba pada makanan dengan kelembaban rendah. EtO digunakan pada perlakuan rempah-rempah, namun diketahui menyebabkan hilangnya senyawa volatil. PPO digunakan untuk perlakuan pangan dengan kadar air rendah termasuk kacang-kacangan, rempah-rempah, biji kakao dan buah-buahan kering. Tabel 1 menyajikan pengaruh perlakuan pasteurisasi pada berbagai mikroorganisme dalam makanan.

Tabel 1. Pengaruh perlakuan pasteurisasi terhadap berbagai mikroorganisme dalam makanan

| Proses | Makanan | Parameter eksperimen | Target organism | Inaktivasi mikrobia atau reduksi |
|---------------|----------------|-----------------------------|--|---|
| Uap | Paprika | 130-170° C, 4-6 detik | Indicator (contoh, <i>Enterobacteriaceae</i> , | 3-4 log reduksi |

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

| Proses | Makanan | Parameter eksperimen | Target organism | Inaktivasi mikrobia atau reduksi |
|--------|--------------------|----------------------|--|--|
| | | | coliform, kapang, kamir | |
| uap | Pistasio | 88° C, 4 menit | <i>Enterococcus faecium</i> | 4 log reduksi |
| uap | Biji, merica hitam | 85° C, 1 menit | <i>Salmonella enterica</i> , <i>Escherichia coli</i> O157:H7 | >5 log reduksi |
| uap | Almon, pistasia | 200° C, 15-30 detik | <i>S. enterica</i> , <i>E. coli</i> O157:H7 <i>Listeria monocytogenes</i> | >5 log reduksi dalam 15 detik (almond) dan 30 detik pistasio |
| uap | Merica hitam, | 85° C, 1-2 menit | <i>S. enterica</i> | 5 log reduksi |

| Proses | Makanan | Parameter eksperimen | Target organism | Inaktivasi mikrobia atau reduksi |
|--------|--------------|----------------------|---|----------------------------------|
| | jintan hitam | | | |
| uap | Almond | 95° C, 25 detik | <i>Salmonella</i> <i>Enteritidis</i> PT 30 | 5 log reduksi |

Pengembangan beberapa sistem komersial yang memanfaatkan proses uap kondensasi terkontrol (CCS) untuk mempasteurisasi makanan dengan kadar air rendah telah dilakukan. Proses CSS dapat beroperasi pada tekanan tinggi, tekanan atmosfer atau pada tekanan vakum. Namun, proses CCS mempertahankan suhu mendekati suhu saturasi untuk mengendalikan kondensasi pada produk. Proses bertekanan menggunakan suhu tinggi (130-170° C) dan waktu singkat (4-6 detik; HTST) sedangkan proses vakum mengurangi tekanan uap jenuh dan dapat beroperasi pada suhu di bawah 100° C dan tetap mempertahankan kondisi uap jenuh.

Jenis uap kering lainnya adalah uap super panas (SHS), yang suhunya melebihi uap jenuh pada tekanan yang sama. Untuk mencapai suhu yang jauh lebih tinggi dari titik jenuh, SHS juga dihasilkan dengan menambahkan panas pada uap jenuh

menggunakan pemanasa hambatan listrik. Pemanasan frekuensi radio (RF) dapat dengan cepat meningkatkan suhu komoditas pertanian secara volumetrik dan secara signifikan mengurangi waktu pemanasan untuk menghindari penurunan kualitas disebabkan oleh laju pemanasan yang lebih lambat dalam perlakuan termal konvensional. Pemanasan RF mungkin memberikan lebih dari 4 log pengurangan target pathogen pada komoditas pertanian.

c. Sterilisasi

Sterilisasi komersial adalah penerapan panas (atau perlakuan lain yang sesuai) untuk membebaskan makanan dari segala bentuk mikroorganisme patogen dan pembentuk racun, seperti mikroorganisme penting non-kesehatan, yang dapat tumbuh dalam makanan dalam kondisi normal penyimpanan dan distribusi produk. Istilah sterilisasi atau pasteurisasi digunakan untuk memberi label pada perlakuan panas yang dirancang untuk mengurangi populasi mikroba suatu makanan, tujuan dasar dari perlakuan panas adalah sama yaitu untuk membebaskan makanan dari mikroorganisme yang dapat membahayakan kesehatan konsumen atau menyebabkan pembusukan selama penyimpanan dan distribusi pangan. Metode sterilisasi komersial ini menggunakan panas untuk menaikkan suhu wadah yang di dalamnya terdapat wadah tertutup (kaleng) komersial yang dikenal sebagai retort atau autoklaf.

Makanan kemasan yang disterilkan secara komersial dalam wadah tertutup rapat pada suhu kamar hingga 2 tahun.

Prosedur sterilisasi melibatkan siklus tiga tahap. Tahap pertama, CUT (*come-up-time*), adalah waktu yang diperlukan media pemanas aliran tinggi untuk mencapai suhu retort 240-250° F (115-121° C) dan tekanan yang diperlukan 15-20 psi (1-1,4 bar) di atas tekanan atmosfer. Tahap kedua, Pt (*holding atau cooking*), retort mempertahankan suhu dan tekanan untuk menjamin lethality; ini bervariasi tergantung pada mikroorganisme target atau kontaminasi mikroba yang diantisipasi. Pada fase ketiga, CDT (*come-down time*), air pendingin ditambahkan untuk menurunkan suhu yang berkelanjutan. Proses makanan dengan panas yang berlebihan dapat dihindari dengan mendinginkannya, yang juga mencegah perkembangan mikroorganisme termofilik. Namun proses pendinginan dapat menyebabkan kantong retort pecah. Hal ini dapat dihindari dengan menerapkan tekanan udara berlebih selama prosedur pendinginan, yang membantu menjaga integritas kemasan dan menghindari deformasi wadah.

Tiga proses retort utama adalah, uap air, *falling water*, dan perendaman air penuh. Masing-masing kategori memiliki subkategori, seperti uap-udara, semprotan uap, semprotan air, dan setengah perendaman. Dalam setiap kasus, suatu bentuk air digunakan, terkadang dikombinasikan dengan udara, untuk

mentransfer energi panas ke produk. Tekanan diterapkan pada semua metode retort untuk meningkatkan titik didih air dan memungkinkan suhu lebih tinggi. beberapa metode, seperti yang menggunakan udara, juga menimbulkan tekanan berlebih untuk mencegah deformasi wadah.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh sterilisasi terhadap kandungan gizi makanan. Perubahan warna terjadi pada pasta tomat yang diberikan perlakuan panas. Pengolahan panas berdampak signifikan terhadap konsentrasi likopen, yang merupakan nutrisi penting dalam tomat. Selain itu menunjukkan bahwa degradasi atau laju transformasi likopen dapat diukur secara efektif menggunakan model kinetic yang canggih. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pengaturan suhu dalam menjaga daya tarik visual dan kandungan nutrisi produk berbasis tomat. Penelitian lain melihat pengaruh proses termal agitasi bolak-balik pada kualitas biji kopi hijau. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan signifikan pada *firmness* dan struktur kacang hijau, yang secara langsung berdampak pada kualitas teksturnya dan berpotensi mempengaruhi bioavailabilitas nutrisi. Penelitian lain menunjukkan hubungan nilai gizi vitamin dan mineral dalam berbagai produk makanan terhadap sterilisasi. Hasil menunjukkan bahwa meskipun vitamin tertentu terdegradasi di bawah suhu panas, vitamin lain mungkin menjadi lebih *bioavailable*,

menunjukkan adanya interaksi kompleks antara jenis nutrisi dan kondisi proses. Penelitian lain terkait sifat fisikokimia dan sensori dari sterilisasi kare ayam yang difortifikasi dengan asam amino rantai cabang. Penelitian ini membahas atribut sensori seperti rasa dan tekstur dan menunjukkan bahwa pengolahan sterilisasi dapat meningkatkan profil nutrisi, khususnya kandungan protein yang disesuaikan dengan kebutuhan pangan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, N.M. 2019. Recent advances in low moisture food pasteurization. *Curr. Opin. Food Sci*, 29, 109–115.
- Awuah, G., Ramaswamy, H. S., & Economides, A. 2007. Thermal processing and quality: Principles and overview. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46,6, 584–602
- Balasubramaniam, V.M. 1993. Liquid-to-Particle Convective Heat Transfer in Aseptic Processing Systems. Ph.D. Thesis, Department of Agriculture Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA.
- Barreiro, J. A., Milano, M., & Sandoval, A. J. 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering*, 33,3–4, 359–371. 10.1016/S0260-8774(97)00035-6
- Berk, Z. Chapter 3—Heat and mass transfer, basic principles. In *Food Process Engineering and Technology*, 3rd ed.; Berk, Z., Ed.; Elsevier: London, UK, 2018; pp. 79–126.
- Betta, G., Barbanti, D., Massini, R. 2011. Food hygiene in aseptic processing and packaging system: A survey in the Italian food industry. *Trends Food Sci. Technol*, 22, 327e334.
- Clark, S., Jung, S., & Lamsal, B. 2014. *Food Processing: Principles*

- and Applications. John Wiley & Sons.
- Diep, B., Moulin, J., Bastic-Schmid, V., Putallaz, T., Gimonet, J., Valles, A.D., Klijn, A. 2019. Validation protocol for commercial sterility testing methods. *Food Control*, 103, 1–8.
- FDA. Guide to Inspections of Aseptic Processing and Packaging for the Food Industry. 2014. Available online: <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-guides/aseptic-processing-and-packaging-food-industry>.
- Featherstone, S. 2015. Retortable flexible containers for food packaging. In *A complete course in canning and related processes*. Vol. 2: Microbiology, packaging, HACCP and ingredients (14th ed., pp. 137–146). Woodhead Publishing. 10.1016/B978-0-85709-678-4.00007-5
- Holland, C. 2008. Advances in retort equipment and control systems. In *In-pack processed foods*. Elsevier.
- Hosseinzadeh Samani, B., Khoshtaghaza, M.H., Minaei, S., Zareifouros, H., Eshtiaghi, M.N., Rostami, S. 2016. Design, development and evaluation of an automatic fruit-juice pasteurization system using microwave—Ultrasonic waves. *J. Food Sci. Technol*, 53, 88–103.
- Ibrahim, M.T., Briesen, H., Först, P., Zacharias, J. 2019. Lethality calculation of particulate liquid foods during aseptic

- processing. *Processes*, 7, 587.
- Lalpuria, M., Anantheswaran, R., Floros, J. 2012. Packaging technologies and their role in food safety. In *Microbial Decontamination in the Food Industry*; Woodhead Publishing: Sawston, UK, pp. 701–745.
- 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*, 185, 115133. 10.1016/j.lwt.2023.115133
- Lopez, A.A. 1987. *Complete Course in Canning and Related Processes: Volume 3 Processing Procedures for Canned Food Products*; The Canning Trade Inc.: Baltimore, MD, USA, p. 516.
- 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.
- Potter, N.N., Hotchkiss, J.H. 1995. *Food Science*, 5th ed.; Springer Science+Business Media, Inc.: Berlin/Heidelberg, Germany, p. 608.
- Ramaswamy, H.S., Awuah, G.B., Simpson, B.K. 1997. Heat transfer and lethality considerations in aseptic processing of liquid/particle mixtures: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 37, 253–286.

- Reddy, M. B., & Love, M. 1999. The impact of food processing on the nutritional quality of vitamins and minerals. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 459, 99–106. 10.1007/978-1-4615-4853-9_7
- Seboka, B. T., Negashe, M., Yehualashet, D. E., Kassawe, C., Namaro, M., & Yigeremu, M. 2023. Health literacy and health information sources in relation to foodborne and waterborne diseases among adults in Gedeo zone, Southern Ethiopia, 2022: A community-based cross-sectional study. *Heliyon*, 9, 5, e15856. 10.1016/j.heliyon.2023.e15856
- Sanchez, B.A.O., Celestino, S.M.C., de Abreu Gloria, M.B., Celestino, I.C., Lozada, M.I.O., Júnior, S.D.A., de Alencar, E.R., de Oliveira, L.D.L. 2020. Pasteurization of passion fruit *Passiflora setacea* pulp to optimize bioactive compounds retention. *Food Chem*, 6, 100084.
- Singh, A. P., & Ramaswamy, H. S. 2015. Effect of can orientation on heat transfer coefficients associated with liquid particulate mixtures during reciprocation agitation thermal processing. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1405–1418.
- Stoforos, N.G. 2016. Thermal processing. In *Handbook of Food Processing: Food Preservation*, 1st ed.; Varzakas, T., Tzia, C., Eds.; CRC Press, Taylor and Francis Group: Boca Raton, FL, USA, pp. 27–56.

- Stoforos, N.G., Sawada, H. 2007. Aseptic processing of liquid/particulate foods. In Heat Transfer in Food Processing, WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, 1st ed.; Yanniotis, S., Sundén, B., Eds.; WIT Press: Billerica, MA, USA, 2, pp. 187-208.
- Stumbo, C.R. 1973. Thermobacteriology in Food Processing, 2nd ed.; Academic Press, Inc.: Cambridge, MA, USA, p. 329
- Toledo, R.T., Singh, R.K., Kong, F. 2018. Aseptic Processing. In Fundamentals of Food Process Engineering, 4th ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, pp. 245–273.
- Tucker, G., Featherstone, S. 2011. Essentials of Thermal Processing; John Wiley & Sons Ltd.: Chichester, UK, p. 264.
- Vidyarthi, S.K., Mishra, D.K., Dolan, K.D., Muramatsu, Y. 2020. Inverse estimation of fluid-to-particle heat transfer coefficient in aseptic processing of particulate foods. Biosyst. Eng, 198, 210–222.
- Zhu, X., Guo, W., Wu, X. 2012. Frequency-and temperature-dependent dielectric properties of fruit juices associated with pasteurization by dielectric heating. J. Food Eng, 109, 258–266.

BAB 5

PRINSIP PENGOLAHAN MENGGUNAKAN GARAM, ASAM, GULA DAN BAHAN KIMIA

5.1 Pendahuluan

Alasan utama dilakukannya pengolahan pangan adalah untuk mengatasi perencanaan pertanian yang tidak tepat, menghasilkan produk yang mempunyai nilai tambah, dan memberikan variasi pola makan. Industri pertanian menghasilkan bahan pangan mentah di berbagai sektor. Pengelolaan yang kurang baik atau perencanaan yang tidak tepat dalam produksi pertanian dapat diatasi dengan menghindari tempat, waktu, dan jumlah bahan pangan mentah yang tidak tepat serta meningkatkan umur simpan dengan menggunakan metode pengawetan yang sederhana. Produk pangan yang memiliki nilai tambah dapat memberikan pangan dengan kualitas lebih baik dalam hal peningkatan nutrisi, fungsional, kenyamanan, dan sifat sensorik. Dalam pengawetan makanan, hal-hal penting yang perlu diperhatikan adalah : Tingkat kualitas yang diinginkan, Panjang pelestarian, Kelompok yang produknya dilestarikan.

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Setelah makanan yang diawetkan disimpan dalam jangka waktu tertentu, satu atau lebih atribut mutunya mungkin mencapai keadaan yang tidak diinginkan. Kualitas adalah konsep yang ilusif dan selalu berubah. Secara umum diartikan sebagai derajat kesesuaian penggunaan atau kondisi yang ditunjukkan oleh tingkat kepuasan konsumen. Apabila suatu makanan telah rusak sedemikian rupa sehingga dianggap tidak layak untuk dikonsumsi, maka makanan tersebut dikatakan telah mencapai akhir umur simpannya. Atribut kualitas produk bisa sangat bervariasi, seperti penampilan, sensorik, atau karakteristik mikroba. Penurunan mutu sangat bergantung pada jenis pangan dan komposisinya, formulasi (untuk pangan yang diproduksi), pengemasan, dan kondisi penyimpanan. Kehilangan kualitas dapat diminimalkan pada setiap tahap pemanenan, pemrosesan, distribusi, dan penyimpanan pangan. Kualitas produk dapat ditentukan dengan menggunakan banyak faktor, termasuk penampilan, hasil, karakteristik makan, dan karakteristik mikroba, namun pada akhirnya penggunaan akhir harus memberikan pengalaman yang menyenangkan bagi konsumen.

Prinsip pengolahan menggunakan garam, asam, gula, dan bahan kimia dapat bervariasi tergantung pada jenis bahan yang diolah dan tujuan akhir dari proses tersebut. Berikut adalah beberapa prinsip

umum yang dapat diterapkan dalam pengolahan menggunakan bahan-bahan tersebut:

5.2 Garam

Pengolahan pangan dengan garam dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung pada tujuan dan jenis makanan yang diinginkan. Beberapa prinsip umum pengolahan pangan dengan garam melibatkan penggunaan garam sebagai bahan pengawet, pemberi rasa, dan pengatur tekstur. Berikut adalah beberapa prinsip umum pengolahan pangan dengan garam:

1. Pengawetan: Garam digunakan sebagai pengawet alami untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan makanan. Proses ini dikenal sebagai pengasinan atau pengeringan dengan garam. Contohnya adalah ikan asin dan daging asin.
2. Pemberian Rasa: Garam adalah bahan penyedap yang umum digunakan dalam pengolahan makanan untuk meningkatkan rasa dan aroma. Penggunaan garam dapat membantu mengeluarkan rasa alami dari bahan pangan dan meningkatkan daya tarik organoleptik.
3. Ekstraksi Air: Garam dapat digunakan untuk mengekstraksi air dari bahan pangan, seperti dalam proses pengasapan

- ikan. Dengan menambahkan garam ke permukaan ikan, air akan ditarik keluar, dan ini membantu mengawetkan ikan.
4. Pengatur Tekstur: Garam dapat mempengaruhi tekstur makanan, terutama dalam pembuatan produk daging olahan seperti sosis. Garam dapat membantu memperbaiki tekstur, meningkatkan daya ikat, dan memberikan kekenyalan pada produk daging.
 5. Fermentasi: Dalam beberapa proses fermentasi, seperti pembuatan kimchi atau asinan sayur, garam digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan dan mempromosikan pertumbuhan bakteri asam laktat yang mengawetkan makanan.
 6. Pembentukan Kerak: Garam dapat digunakan untuk membentuk kerak pada permukaan makanan, seperti pada kulit ayam panggang. Ini memberikan tekstur renyah dan memberikan rasa yang unik pada kulit.
 7. Pengontrol Rasa: Garam dapat digunakan untuk mengontrol rasa dalam proses pengolahan pangan. Terlalu banyak atau terlalu sedikit garam dapat mempengaruhi rasa makanan secara signifikan, sehingga pengaturan jumlah garam penting dalam mencapai rasa yang diinginkan. Meskipun garam memiliki peran penting dalam pengolahan pangan, perlu diingat bahwa konsumsi garam yang berlebihan juga

dapat berdampak negatif pada kesehatan. Oleh karena itu, kontrol penggunaan garam perlu diperhatikan dalam pembuatan makanan.

Seperti disebutkan sebelumnya, penambahan besar natrium pada makanan pertama kali adalah dalam bentuk garam, yang berfungsi mencegah pembusukan. Sebelum didinginkan, garam merupakan salah satu metode terbaik untuk menghambat pertumbuhan dan kelangsungan hidup mikroorganisme yang tidak diinginkan. Meskipun kemajuan modern dalam teknik penyimpanan dan pengemasan makanan serta kecepatan transportasi telah banyak mengurangi peran ini, garam masih digunakan secara luas untuk mencegah pembusukan yang cepat (dan dengan demikian memperpanjang umur simpan produk), menciptakan lingkungan yang tidak ramah bagi patogen, dan mendorong pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan dalam berbagai makanan fermentasi dan produk lainnya. Senyawa yang mengandung natrium lainnya dengan efek pengawet juga digunakan dalam persediaan makanan.

Garam efektif sebagai pengawet karena mengurangi aktivitas air pada makanan. Aktivitas air suatu makanan adalah jumlah air tidak terikat yang tersedia untuk pertumbuhan mikroba dan reaksi kimia. Kemampuan garam dalam menurunkan aktivitas air

diperkirakan disebabkan oleh kemampuan ion natrium dan klorida untuk berasosiasi dengan molekul air (Fennema, 1996; Potter dan Hotchkiss, 1995).

Penambahan garam pada makanan juga dapat menyebabkan sel mikroba mengalami guncangan osmotik, yang mengakibatkan hilangnya air dari sel sehingga menyebabkan kematian sel atau pertumbuhan terhambat (Davidson, 2001). Telah dikemukakan juga bahwa pada beberapa mikroorganisme, garam dapat membatasi kelarutan oksigen, mengganggu enzim seluler, atau memaksa sel mengeluarkan energi untuk mengeluarkan ion natrium dari sel, yang semuanya dapat mengurangi laju pertumbuhan (Shelef dan Seiter, 2005).

Saat ini, hanya sedikit makanan yang diawetkan hanya dengan penambahan garam. Namun, garam tetap merupakan komponen yang umum digunakan untuk menciptakan lingkungan yang tahan terhadap pembusukan dan tidak ramah bagi kelangsungan hidup organisme patogen dalam makanan. Produk-produk dalam pasokan pangan modern seringkali terawetkan melalui berbagai rintangan yang mengendalikan pertumbuhan mikroba (Leistner, 2000), meningkatkan keamanan pangan, dan memperpanjang umur simpan produk. Garam, pemrosesan dan penyimpanan suhu tinggi atau rendah, pH, potensi redoks, dan bahan tambahan lainnya adalah contoh rintangan yang dapat digunakan untuk

pengawetan. Tidak ada satu pun metode pengawetan yang dapat menghasilkan produk yang stabil; namun jika digabungkan, metode ini menghasilkan produk yang diinginkan, stabil, dan aman. Misalnya, makanan mungkin dilindungi oleh kombinasi garam, pendinginan, pH, dan bahan pengawet kimia.

Metode berbagai rintangan menawarkan manfaat tambahan dalam meningkatkan kualitas lain dari beberapa makanan. Misalnya, metode rintangan dapat digunakan untuk mengurangi tingkat keparahan pengolahan yang diperlukan, memungkinkan pengemasan yang ramah lingkungan, meningkatkan kualitas gizi makanan (dengan mencapai keamanan mikrobiologis dengan lebih sedikit garam, gula, dll.), dan mengurangi penggunaan bahan pengawet. tidak diinginkan oleh sebagian konsumen (Leistner dan Gould, 2005).

Peran Garam dalam Fermentasi untuk Mengawetkan Makanan

Garam umumnya memainkan peran sentral dalam fermentasi makanan. Fermentasi adalah proses umum untuk mengawetkan makanan, di mana makanan segar diubah menjadi makanan yang diinginkan dan dapat disimpan untuk jangka waktu yang lebih lama dibandingkan makanan segar karena tindakan jenis mikroba tertentu (Potter dan Hotchkiss, 1995). Produk seperti acar, asinan kubis, keju, dan sosis fermentasi memiliki banyak karakteristik yang

disebabkan oleh kerja bakteri asam laktat. Garam mendukung pertumbuhan organisme yang lebih toleran terhadap garam dan bermanfaat, sekaligus menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk dan jamur yang tidak diinginkan yang secara alami ada dalam makanan tersebut (Doyle et al., 2001). Garam juga membantu menarik air dan gula keluar dari jaringan tanaman selama fermentasi sayuran. Air ini membantu fermentasi dengan mengisi kantong udara yang ada di tong fermentasi, sehingga mengakibatkan berkurangnya kondisi oksigen yang mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat. Pelepasan air dan gula juga mendorong reaksi fermentasi dalam air garam yang dihasilkan, sehingga meningkatkan laju proses fermentasi (Doyle et al., 2001; Potter dan Hotchkiss, 1995).

Tantangan dan Inovasi Menurunkan Natrium dengan Tetap Menjaga Keamanan dan Umur Simpan

Bagi banyak makanan, mengurangi kandungan natrium pada produk seharusnya tidak menimbulkan masalah keamanan pangan atau pembusukan. Makanan tersebut termasuk produk beku, produk yang diproses secara termal untuk membunuh organisme patogen (misalnya makanan kaleng), makanan asam (pH <3,8), dan makanan yang aktivitas airnya tetap rendah ketika natrium dihilangkan (misalnya makanan dengan kadar air rendah). aktivitas

karena kandungan gula yang tinggi) (Reddy dan Marth, 1991; Stringer dan Pin, 2005). Untuk pangan lain, penurunan kandungan natrium berpotensi meningkatkan tingkat pembusukan pangan dan kehadiran patogen. Untuk makanan ini, reformulasi produk, perubahan dalam pengolahan, dan perubahan dalam penanganan mungkin diperlukan untuk memastikan bahwa produk tersebut memiliki umur simpan yang memadai dan untuk mencegah pertumbuhan patogen. Upaya tersebut memerlukan biaya tambahan dan memerlukan perhatian yang cermat untuk memastikan bahwa formulasi dan proses baru cukup untuk menjamin keamanan produk.

Makanan yang menggunakan natrium sebagai penghambat pertumbuhan dan kelangsungan hidup mikroba menghadirkan tantangan reformulasi, karena mengubah kandungan natrium akan mengubah dampak (atau tinggi) hambatan aktivitas air. Mengubah satu batasan ini dapat berdampak pada keamanan dan kualitas makanan karena batasan lain yang ada (pH, suhu, dll.) hanya dapat berfungsi jika dikombinasikan dengan kadar natrium awal. Untuk mempertahankan produk yang aman dan berkualitas baik, reformulasi mungkin harus mencakup penerapan hambatan tambahan atau peningkatan dampak dari hambatan yang ada. Jika tindakan tambahan tersebut tidak diambil selama upaya pengurangan natrium, produk yang tersisa mungkin tidak stabil.

Misalnya, pada daging yang diawetkan, pengurangan kandungan natrium (dengan menghilangkan garam dan natrium nitrit) dapat memungkinkan pertumbuhan bakteri asam laktat yang cepat dan aksi mikroorganisme proteolitik, sehingga menghasilkan produk yang lebih cepat rusak (Roberts dan McClure, 1990; Stringer dan Pin, 2005). Pada beberapa makanan, pertumbuhan patogen, bukan pembusukan, mungkin menjadi perhatian.

Ada spekulasi bahwa beberapa upaya pengurangan garam di masa lalu mungkin tidak cukup memperhitungkan kebutuhan untuk mengatasi hambatan tambahan terhadap pertumbuhan mikroba. Di Inggris, upaya pengurangan garam pada makanan dingin dan siap saji disebut-sebut sebagai salah satu faktor yang mungkin berkontribusi terhadap peningkatan kejadian listeriosis dari tahun 2001 hingga 2005 (Komite Penasihat Keamanan Mikrobiologi Pangan, 2008). Listeriosis disebabkan oleh *Listeria monocytogenes* yang memiliki stabilitas termal tinggi dan mampu tumbuh dan bertahan pada suhu pendingin dan kadar garam tinggi (Zaika dan Fanelli, 2003). Untuk mengurangi risiko listeriosis, rancangan laporan Komite Penasihat Keamanan Mikrobiologi Pangan Inggris meminta Badan Standar Makanan untuk bekerja sama dengan produsen makanan untuk memastikan bahwa keamanan mikroba pada produk makanan tidak akan menurun seiring dengan

perubahan formulasi. untuk mengurangi garam (Komite Penasihat Keamanan Mikrobiologi Pangan, 2008).

Ada juga bukti yang menunjukkan bahwa pengurangan garam mungkin mengakibatkan risiko lebih besar pembentukan toksin oleh *Clostridium botulinum* (organisme yang bertanggung jawab atas botulisme) pada makanan tertentu jika tidak ada hambatan tambahan yang dilakukan. Hal ini terutama terjadi pada makanan yang tidak dipanaskan dengan cukup untuk menonaktifkan spora *C. botulinum* dan memiliki sedikit oksigen. Keju olahan (Glass dan Doyle, 2005; Karahadian et al., 1985), produk daging (Barbut et al., 1986), dan produk sous vide (produk yang disiapkan dalam kantong plastik tertutup vakum dan dipanaskan pada suhu rendah dalam waktu lama times¹) telah diketahui memiliki potensi masalah pengendalian *C. botulinum* ketika natrium dikurangi (Simpson et al., 1995). Misalnya, penurunan kandungan garam dari 1,5 menjadi 1,0 persen berat sangat mengurangi waktu yang dibutuhkan spora *C. botulinum* tipe A dan B untuk menghasilkan racun dalam produk sous vide spageti dan saus daging bila disimpan pada suhu pendingin biasa. Pada konsentrasi garam sebesar atau di atas 1,5 persen, tidak ada produksi toksin yang terdeteksi dari produk yang diinokulasi selama masa penyimpanan 42 hari, sedangkan pada penambahan garam 1,0 persen, toksin dihasilkan dalam waktu 21 hari (Simpson et al.,

1995). Demikian pula, ikan frankfurter kalkun yang diinokulasi dengan *C. botulinum* dan disimpan pada suhu 27°C menunjukkan produksi toksin yang lebih cepat ketika kandungan garamnya 2,5 persen dibandingkan ketika kandungan garamnya 4,0 persen (Barbut dkk., 1986).

Selain *C. botulinum* dan *L. monocytogenes*, pertumbuhan patogen bawaan makanan lainnya mungkin lebih cepat terjadi pada makanan yang kandungan garamnya lebih sedikit dan bahan pengawet lain yang mengandung natrium. Patogen ini termasuk *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *Clostridium perfringens*, dan *Arcobacter* (D'Sa dan Harrison, 2005; Reddy dan Marth, 1991; Stringer dan Pin, 2005).

Meskipun patogen yang dijelaskan di atas harus diperhitungkan, pengembang produk dan peneliti telah mampu mencapai pengurangan natrium bahkan pada produk seperti keju olahan dan daging olahan (Reddy dan Marth, 1991). Sejumlah rintangan dapat ditambahkan atau ditingkatkan ketika natrium dikurangi untuk memastikan keamanan suatu produk tetap terjaga. Daftar ini mencakup sejumlah teknologi baru (misalnya pemrosesan tekanan tinggi, iradiasi berkas elektron) yang mungkin memiliki penerapan lebih luas di masa depan.

Senyawa, seperti kalium klorida (Barbut dkk., 1986) dan campuran kalium laktat dan natrium diasetat (Devlieghere dkk., 2009), yang mungkin digunakan untuk menggantikan garam dan bahan pengawet lain yang mengandung natrium telah terbukti cukup efektif. efektif dalam menghambat pertumbuhan dan produksi toksin oleh patogen. Efektivitas garam alternatif dibandingkan natrium klorida tampaknya bervariasi berdasarkan patogen yang diteliti (Barbut et al., 1986).

Penggantian sebagian garam dengan senyawa lain, seperti kalium klorida dan kalsium klorida, juga dapat dilakukan dalam produk fermentasi (Bautista-Gallego et al., 2008; Reddy dan Marth, 1991; Yumani et al., 1999). Namun, alternatif ini mungkin kurang efektif dibandingkan garam sehingga konsentrasi yang lebih tinggi mungkin diperlukan dalam formulasi untuk mencapai fungsi yang sama (Bautista-Gallego et al., 2008).

Beberapa model prediktif telah dikembangkan yang mungkin merupakan metode yang menjanjikan dalam menyaring formulasi produk baru untuk mengetahui potensinya dalam menumbuhkan mikroorganisme patogen. Sebuah penelitian besar yang dilakukan oleh Kraft food (Legan et al., 2004) memodelkan dampak garam terhadap pertumbuhan *L. monocytogenes* dan menggunakan teknik pemodelan ini untuk menetapkan formulasi produk daging pengawet yang mengandung laktat dan diasetat tanpa

pertumbuhan untuk mencegah pertumbuhan. dari *L. monocytogenes*.

Sifat Fisik Makanan

Garam dapat berperan dalam pengembangan sifat fisik pangan yang bermanfaat untuk pengolahan atau pengembangan kualitas produk akhir. Misalnya, kadar garam berperan penting dalam mengendalikan kelengketan beberapa adonan, memudahkan pemrosesan beberapa makanan yang dipanggang (Hutton, 2002; Vetter, 1981). Pada daging, keju, dan produk makanan ringan yang diekstrusi (misalnya bola keju, makanan ringan berbentuk kentang), garam dapat membantu mengembangkan karakteristik tekstur yang diharapkan oleh konsumen (Desmond, 2007; Guinee dan Fox, 2004; Guinee dan O'Kennedy, 2007; Hedrick dkk., 1994). Misalnya, pada keju, garam berfungsi menghilangkan kelebihan air, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih kencang dan, dalam beberapa kasus, membentuk kulit (Guinee dan Fox, 2004). Garam juga berkontribusi terhadap karakteristik seperti kemampuan meleleh, penghancuran, peregangan, dan aliran (Reddy dan Marth, 1991).

Senyawa yang mengandung natrium lainnya juga digunakan untuk menentukan sifat fisik produk makanan. Beberapa senyawa yang mengandung natrium lebih umum digunakan dalam makanan yang dipanggang (misalnya natrium bikarbonat, juga dikenal

sebagai soda kue) untuk ragi dan untuk mengkondisikan adonan agar lebih mudah diproses. Untuk berbagai produk, seperti saus dan dressing, bahan pengemulsi dan pengental mungkin mengandung natrium.

Praktik peningkatan kualitas unggas mentah, daging sapi, babi (Baublits et al., 2006; Brashear et al., 2002), dan produk makanan laut (Rattanasatheirn et al., 2008; Thorarinsdottir et al., 2004) dengan larutan yang mengandung natrium adalah juga perlu diperhatikan. Biasanya, larutan tambahan ini mencakup garam dan natrium fosfat. Salah satu alasan penggunaan teknik pengolahan ini adalah untuk meningkatkan kelembutan (yang mungkin dianggap juiciness oleh keras karena kandungan lemaknya yang rendah, yang mana, dalam kasus daging sapi dan babi, merupakan hasil kemajuan genetik yang dibuat untuk menghasilkan hewan yang lebih ramping (Detienne dan Wicker, 1999). Peningkatan hasil produk mungkin merupakan pendorong lain penggunaan teknik ini (Detienne dan Wicker, 1999). Jelasnya, garam dan natrium fosfat meningkatkan kandungan natrium pada keseluruhan produk. Misalnya, satu porsi daging biasa (114 g, jumlah referensi yang biasa dikonsumsi) tanpa tambahan mengandung 68 mg natrium, namun porsi daging yang sama disuntikkan hingga 10 persen beratnya dengan air garam yang mengandung 4,5 persen natrium tripolifosfat dan 3,6 persen garam. menghasilkan 384 mg natrium per porsi (DeWitt, 2007).

Tantangan dan Inovasi Menurunkan Natrium dengan Tetap Mempertahankan Sifat Fisik

Kesulitan dalam mereduksi natrium tanpa kehilangan sifat fisik yang diinginkan bergantung pada aplikasi makanan tertentu dan ketersediaan bahan lain yang dapat memenuhi fungsi serupa. Pada beberapa makanan (misalnya keju dan daging olahan tertentu), garam yang digunakan untuk menciptakan sifat fisik khusus mungkin tidak mungkin dihilangkan, mengingat teknologi saat ini. Seperti disebutkan sebelumnya dalam pembahasan mengenai tantangan untuk mengurangi natrium sambil menjaga keamanan pangan, reformulasi memerlukan sejumlah biaya yang dijelaskan lebih lanjut di Bab 6.

Namun, pada banyak produk, lebih banyak garam yang ditambahkan daripada yang sebenarnya dibutuhkan untuk mendapatkan sifat fisik yang diinginkan. Dalam kasus ini, penelitian untuk menentukan kadar garam kritis mungkin diperlukan untuk mengukur jumlah garam yang dapat dihilangkan. Misalnya, upaya untuk mengurangi natrium dalam produk keju alami dan olahan sambil mempertahankan tekstur yang diinginkan dan mencapai produk yang aman telah berhasil menggunakan teknologi baru, seperti ultrafiltrasi (Reddy dan Marth, 1991; Van der Veer, 1985). Demikian pula, pada daging yang disempurnakan, beberapa suntikan air garam mungkin diperlukan untuk meningkatkan kelembatan

potongan daging tanpa lemak (Detienne dan Wicker, 1999) dan membantu konsumen menghindari daging berlemak yang secara alami lebih empuk. Namun, kemungkinan besar, untuk sebagian besar produk ini, air garam tambahan ditambahkan untuk mengurangi hilangnya kelembapan (atau pembersihan) yang biasanya terjadi pada produk selama umur simpan ecerannya. Manfaat yang mungkin dihasilkan dari tambahan air garam pada saat itu mungkin lebih bersifat ekonomis daripada alasan sensorik, dan air garam tersebut mungkin tidak diperlukan untuk menghasilkan produk yang dapat diterima. Pada produk lain, garam tambahan dapat ditambahkan untuk meningkatkan rasa dan aroma.

Kadar natrium yang bervariasi menunjukkan bahwa kadar natrium dalam beberapa produk mungkin lebih besar daripada yang dibutuhkan untuk fungsi-fungsi tersebut. Kasus seperti ini mungkin memberikan peluang untuk menurunkan kandungan natrium pada beberapa makanan. Kesimpulan serupa dicapai oleh para peneliti yang mensurvei kandungan natrium pada makanan olahan di Australia dan menemukan variasi konsentrasi garam pada makanan sejenis, seringkali ≥ 50 persen antara makanan dengan kadar garam tertinggi dan terendah dalam suatu kategori (Webster dkk., 2010). Survei lain² menemukan perbedaan kandungan garam pada makanan dengan merek yang sama, termasuk produk restoran cepat saji, di berbagai negara. Banyak produsen makanan bermerek

yang beroperasi secara internasional dan mungkin berpartisipasi dalam program pengurangan natrium di negara lain.

Alternatif yang dapat menggantikan fungsi pengembangan tekstur natrium masih terbatas. Namun, kemajuan teknologi bahan telah memungkinkan untuk menggantikan sebagian garam. Produk yang direstrukturisasi dan diemulsi (misalnya sosis, daging deli), misalnya, adalah produk yang pilihan bahannya lebih rendah sodium telah diidentifikasi. Dalam produk-produk ini, protein fungsional (misalnya kedelai atau susu), hidrokoloid (misalnya gusi atau alginat), dan pati telah menggantikan beberapa fungsi protein yang larut dalam garam yang membentuk jaringan gel dan “merekatkan” potongan daging menjadi satu. dalam produk dengan garam lebih tinggi (Desmond, 2006). Selain itu, natrium tripolifosfat, kalium fosfat, dan transglutaminase telah digunakan untuk meningkatkan stabilitas daging emulsi rendah garam di mana mungkin terdapat lebih sedikit protein yang larut dalam garam yang tersedia untuk melapisi dan menstabilkan partikel lemak (Ruusunen et al., 2002). Dalam tinjauan mereka mengenai pengurangan natrium, Reddy dan Marth (1991) menjelaskan beberapa penelitian yang berhasil menunjukkan bahwa pengurangan natrium dalam daging dapat menghasilkan produk yang dinilai mempunyai fungsi dan rasa yang dapat diterima. Pada daging babi, mereka menggambarkan prosedur pengolahan yang dimodifikasi yang disebut sebagai

pelapisan emulsi yang mengurangi kandungan garam sebesar 50 persen pada produk ham yang dipotong dan dibentuk. Pengurangan natrium yang berhasil juga dilaporkan untuk sosis babi segar, frankfurter, bologna, dan adonan daging yang dihaluskan.

Metode lain untuk mengurangi natrium dalam makanan adalah dengan mencari alternatif pengganti bahan tambahan lain yang mengandung natrium (non-garam). Sejumlah alternatif telah dikembangkan. Beberapa industri melakukan penelitian mereka sendiri atau mendanai universitas untuk meneliti metode pengolahan alternatif sebagai strategi lain untuk mengurangi natrium. Misalnya, pendekatan ini mencakup penggunaan otot pre-rigor mortis dalam produk daging yang diemulsi dan direstrukturisasi (Desmond, 2006) dan penghapusan garam pengemulsi yang mengandung natrium dalam keju olahan tertentu (Guinee dan O'Kennedy, 2007). Perubahan ini dan perubahan lain dalam teknik pengolahan mungkin mempunyai potensi untuk memungkinkan pengurangan natrium secara signifikan, namun diperlukan lebih banyak penelitian untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi ini lebih lanjut.

Fungsi Sodium pada kataegori makanan khusus

Biji-bijian

Biji-bijian utuh secara alami rendah natrium. Tabel 4-5 mencantumkan kandungan natrium khas dari biji-bijian yang biasa dikonsumsi. Namun, sejumlah produk yang terbuat dari biji-bijian mengandung natrium tambahan, dan produk ini merupakan kontributor utama asupan natrium.

Sereal Siap Makan

Garam sering ditambahkan pada sereal sarapan untuk meningkatkan rasa dan tekstur (Brady, 2002). Sebuah survei terhadap sereal anak-anak di seluruh dunia menemukan bahwa, rata-rata, produk-produk ini mengandung sekitar 1 persen garam menurut beratnya. Ketika produk diformulasi ulang untuk mengurangi kandungan gula, penambahan garam mungkin sangat diandalkan untuk menjaga cita rasa produk (Lobstein et al., 2008).

Nasi dan Pasta

Nasi dan sebagian besar pasta mengandung natrium yang sangat rendah (Brady, 2002; Van der Veer, 1985); Namun, garam sering kali ditambahkan untuk menambah rasa selama persiapan. Banyak produk nasi dan pasta beraroma mengandung garam dalam bumbunya, dan garam terkadang digunakan sebagai pembawa curah untuk mendistribusikan secara merata perasa yang digunakan dalam jumlah lebih kecil.

Makanan yang Dipanggang

Sodium memainkan peran ganda dalam roti dan makanan panggang lainnya. Garam, natrium bikarbonat, dan garam natrium dari asam ragi merupakan sumber utama natrium dalam makanan yang dipanggang, menyumbang 95 persen natrium dalam produk-produk ini (Reichenbach dan Singer, 2008). Di sebagian besar makanan yang dipanggang, garam digunakan untuk meningkatkan rasa dan aroma produk. Tanpa garam, banyak makanan yang dipanggang mempunyai rasa hambar (Van der Veer, 1985).

Garam juga bertanggung jawab untuk kontrol fermentasi dan tekstur pada roti yang dibuat dengan ragi. Dalam produksi roti secara massal, kadar garam digunakan sebagai alat untuk mengontrol aktivitas ragi. Garam mengurangi aktivitas ragi dengan mengurangi aktivitas air dan merusak membran sel ragi. Jika terlalu banyak garam yang digunakan, adonan akan mengembang terlalu lambat. Namun, jika penambahan terlalu sedikit, fermentasi akan berjalan terlalu cepat atau fermentasi “liar” dapat terjadi, sehingga menghasilkan adonan yang mengandung gas dan asam serta tekstur yang buruk (Hutton, 2002; Vetter, 1981). Fermentasi yang terjadi terlalu cepat juga dapat menimbulkan masalah besar pada jalur produksi (Hui, 2007), yang mengakibatkan produk berkualitas buruk atau hilangnya batch produksi dalam jumlah besar. Tabel 4-6 mencantumkan kandungan natrium pada produk biji-bijian terpilih. Garam juga dapat berinteraksi dengan gluten, salah satu protein

utama dalam tepung yang bertanggung jawab atas tekstur makanan yang dipanggang, untuk memudahkan penanganan adonan selama pemrosesan. Hasil interaksi ini mengurangi kelengketan adonan (Hutton, 2002; Vetter, 1981).

Roti cepat saji, kue kering, dan kue kering biasanya mengandalkan bahan ragi kimia daripada ragi untuk menghasilkan tekstur yang lapang dengan cepat. Beberapa bahan ragi yang paling populer mengandung natrium, termasuk soda kue (natrium bikarbonat) dan baking powder (kombinasi natrium bikarbonat dan satu atau kombinasi bahan berikut: kalium hidrogen tartrat, natrium aluminium sulfat, asam natrium pirofosfat, dan asam kalsium fosfat) (Bender, 2006).

Bahan tambahan lain yang digunakan dalam roti mungkin menyumbang sedikit natrium. Salah satu bahan tambahan tersebut adalah natrium stearoyl laktilat, suatu pengemulsi yang digunakan untuk meningkatkan volume roti serta menjaga kualitas tekstur makanan panggang beku. Aditif lain yang mengandung natrium adalah natrium metabisulfid. Bahan ini berfungsi sebagai bahan pelembut adonan yang dapat meningkatkan kelenturan adonan atau digunakan untuk mempercepat pengembangan adonan ketika metode pengadukan berkecepatan tinggi tidak diinginkan (misalnya, ketika buah dimasukkan ke dalam adonan dan akan rusak karena pengadukan berkecepatan tinggi. pencampuran) (Cauvain, 2003).

Garam juga membantu mengendalikan pertumbuhan jamur dan bakteri spesies *Bacillus*, sehingga memperpanjang umur simpan makanan yang dipanggang (Betts et al., 2007). Spesies *Bacillus* mampu membentuk struktur seperti tali, rasa tidak enak, dan perubahan warna, terutama pada makanan yang dipanggang dengan kandungan gula atau lemak yang tinggi (Doyle et al., 2001). Namun, gula, bukan garam, adalah cara utama untuk mengendalikan aktivitas air di banyak produk yang dipanggang; oleh karena itu banyak masalah pengawetan makanan pada produk roti tidak bergantung pada pengendalian garam (Smith et al., 2004)

5.3 Asam

Pengolahan pangan dengan menggunakan asam dapat dilakukan untuk berbagai tujuan, termasuk pengawetan, perubahan tekstur, atau pengaruh terhadap rasa. Beberapa prinsip dasar pengolahan pangan dengan asam melibatkan penggunaan asam sebagai agen pengawet, bahan penggumpal, atau sebagai unsur yang memberikan rasa asam pada produk. Berikut adalah beberapa prinsip umum dalam pengolahan pangan dengan asam:

1. Pengawetan: Asam dapat digunakan sebagai agen pengawet alami karena sifatnya yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan bakteri yang merugikan. Contohnya adalah

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

- penggunaan asam asetat (cuka) dalam pengawetan sayuran, buah-buahan, dan produk-produk lain.
2. Pelembut Daging: Asam dapat digunakan untuk merendahkan pH dalam daging, sehingga serat daging menjadi lebih lembut. Ini dapat dilakukan melalui proses marinasi daging dalam campuran asam seperti cuka, jus jeruk, atau bahan asam lainnya.
 3. Penggumpalan dan Pembuatan Produk Susu: Asam juga digunakan dalam pembuatan produk susu seperti keju. Dalam proses pembuatan keju, asam digunakan untuk membantu pemisahan antara protein dan air dalam susu, membentuk gumpalan yang nantinya menjadi keju.
 4. Pembuatan Produk Buah dan Sayuran: Asam sering digunakan dalam pembuatan produk buah dan sayuran seperti selai, saus, atau acar untuk memberikan rasa asam yang menyegarkan dan untuk membantu dalam pengawetan.
 5. Pembuatan Minuman: Asam dapat digunakan dalam pembuatan minuman seperti jus dan minuman berkarbonasi. Misalnya, dalam pembuatan jus jeruk, asam sitrat alami yang terkandung dalam buah dapat mempertahankan kesegaran dan memberikan rasa asam yang khas.
 6. Fermentasi: Asam dapat dihasilkan sebagai hasil dari proses fermentasi oleh mikroorganisme tertentu. Contohnya adalah

fermentasi asam laktat dalam produk-produk fermentasi seperti yogurt.

7. Pelembut Sayuran: Asam dapat digunakan untuk merendam sayuran sebelum dimasak untuk membantu melembutkan tekstur dan memberikan rasa yang lebih baik.

Perlu diingat bahwa penggunaan asam dalam pengolahan pangan harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan standar keamanan pangan yang berlaku, agar produk yang dihasilkan aman dikonsumsi dan memenuhi persyaratan kesehatan.

5.4 Gula

Prinsip pengolahan pangan dengan gula melibatkan berbagai metode untuk meningkatkan rasa, tekstur, dan daya simpan makanan. Gula dapat digunakan dalam proses pengolahan pangan sebagai pemanis, pengawet, dan bahan pengenteng. Berikut adalah beberapa prinsip umum dalam pengolahan pangan dengan gula:

1. Pemanisan

Rasa dan Aroma: Gula digunakan untuk memberikan rasa manis pada makanan, sehingga meningkatkan kenikmatan konsumen terhadap produk tersebut.

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Penyeimbang Rasa: Gula juga dapat digunakan untuk menyeimbangkan rasa asin, asam, dan pahit dalam makanan

2. Pengawetan

Mengurangi Aktivitas Air: Gula memiliki sifat higroskopis, yang berarti dapat menarik air dari lingkungan sekitarnya. Pengurangan kandungan air dalam produk pangan dapat membantu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang umur simpan.

Membuat Sirup atau Konsentrat: Gula dapat digunakan untuk membuat sirup atau konsentrat, yang dapat menjadi media pengawet untuk buah-buahan atau produk lainnya.

3. Pengentengan

Pembentukan Gel: Gula dapat membantu membentuk gel dalam produk seperti selai, jeli, dan marmalade. Proses ini membantu mengentengkan produk dan memberikan tekstur yang diinginkan.

Proses Pembuat Karamel: Gula dapat digunakan untuk membuat karamel, yang digunakan dalam berbagai produk seperti saus karamel, permen, atau es krim karamel.

4. Warna dan Tampilan

Proses Karamelisasi: Gula dapat mengalami karamelisasi saat dipanaskan, menghasilkan warna coklat keemasan yang dapat meningkatkan tampilan visual produk.

Penggunaan Dekorasi dan Gula Halus: Gula sering digunakan sebagai bahan hiasan atau penutup di atas kue, roti, atau produk lainnya.

5. Pembentukan Struktur Produk:

Fermentasi dan Pengembangan Adonan: Gula dapat memberikan sumber energi bagi ragi atau mikroorganisme lainnya selama proses fermentasi. Ini dapat digunakan dalam pembuatan roti, kue, dan produk beragi lainnya.

Penting untuk dicatat bahwa penggunaan gula dalam jumlah berlebihan dapat memiliki dampak negatif pada kesehatan, seperti peningkatan risiko penyakit jantung, obesitas, dan diabetes. Oleh karena itu, produsen pangan sering mencari alternatif gula atau mengurangi jumlah gula dalam formulasi produk untuk memenuhi permintaan konsumen yang lebih sadar akan kesehatan.

5.5 Bahan Kimia

Penting untuk dicatat bahwa penggunaan bahan-bahan tersebut harus mematuhi standar keamanan pangan dan regulasi

yang berlaku. Selain itu, proporsi dan jumlah penggunaan bahan-bahan tersebut perlu diperhatikan dengan cermat agar tidak menghasilkan produk akhir yang tidak aman atau tidak sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Pengolahan pangan dengan bahan kimia umumnya melibatkan penggunaan zat-zat kimia untuk tujuan tertentu, seperti pengawetan, pewarnaan, peningkatan rasa atau aroma, dan pengaturan keasaman. Meskipun penggunaan bahan kimia dalam pengolahan pangan dapat memberikan manfaat tertentu, namun perlu ditekankan bahwa penggunaannya harus mematuhi standar keamanan pangan yang ketat untuk melindungi kesehatan konsumen. Berikut adalah beberapa prinsip umum dalam pengolahan pangan dengan bahan kimia:

1. Keamanan Pangan

Pastikan bahan kimia yang digunakan aman untuk dikonsumsi. Ikuti pedoman dan regulasi yang berlaku untuk penggunaan bahan kimia dalam pangan. Periksa dan pastikan bahwa dosis bahan kimia yang digunakan sesuai dengan standar keamanan.

2. Keberlanjutan

Pertimbangkan dampak lingkungan dari penggunaan bahan kimia dalam pengolahan pangan. Pilih bahan kimia yang memiliki dampak

lingkungan yang minimal. Evaluasi potensi risiko jangka panjang dari penggunaan bahan kimia terhadap lingkungan dan manusia.

3. Tujuan Penggunaan

Tentukan dengan jelas tujuan penggunaan bahan kimia dalam pengolahan pangan, seperti pengawetan, pewarnaan, atau peningkatan rasa. Pastikan bahwa penggunaan bahan kimia sesuai dengan kebutuhan produk dan keinginan konsumen.

4. Dosis yang Aman

Gunakan dosis bahan kimia yang sesuai dan aman untuk dikonsumsi. Pastikan bahwa dosis bahan kimia diukur dengan tepat dan sesuai dengan pedoman regulasi.

5. Label dan Informasi Produk

Sediakan informasi yang jelas pada label produk terkait dengan penggunaan bahan kimia. Berikan informasi tentang potensi risiko alergi atau intoleransi terhadap bahan kimia tertentu.

6. Pemantauan dan Pengendalian

Lakukan pemantauan secara berkala terhadap proses pengolahan pangan yang melibatkan bahan kimia. Terapkan kontrol kualitas dan

prosedur keamanan pangan untuk mencegah kontaminasi dan kegagalan produksi.

7. Pelatihan Karyawan

Berikan pelatihan kepada personel yang terlibat dalam pengolahan pangan terkait dengan pemahaman penggunaan bahan kimia, keamanan, dan aturan pengolahan pangan.

Penting untuk dicatat bahwa regulasi dan standar keamanan pangan dapat bervariasi antar negara. Oleh karena itu, produsen pangan diharapkan untuk mematuhi peraturan setempat dan internasional yang berlaku dalam penggunaan bahan kimia dalam pengolahan pangan.

Pengolahan pangan dengan menggunakan bahan kimia dapat mencakup beberapa metode yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan pangan, memperpanjang umur simpan, meningkatkan tekstur, rasa, dan warna, serta mempertahankan nilai gizi. Namun, penggunaan bahan kimia dalam pengolahan pangan harus dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan keamanan konsumen. Berikut adalah beberapa metode pengolahan pangan dengan bahan kimia yang umum:

1. Pengawetan: Penggunaan bahan pengawet kimia, seperti natrium nitrat atau natrium nitrit, dapat membantu

memperpanjang umur simpan produk pangan dengan mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang merusak.

2. Pengasaman: Penggunaan asam atau bahan kimia asam seperti asam sitrat dapat digunakan untuk mengasamkan produk pangan, yang dapat membantu menghambat pertumbuhan bakteri dan memperpanjang umur simpan.
3. Pengatur pH: Bahan kimia seperti asam asetat atau asam laktat dapat digunakan untuk mengatur tingkat keasaman (pH) dalam produk pangan, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan tekstur produk.
4. Pengemulsi: Bahan kimia emulsifier, seperti lecithin, dapat digunakan untuk menciptakan atau mempertahankan emulsi dalam produk pangan, seperti mayones atau saus salad.
5. Penstabil: Bahan kimia penstabil, seperti gom atau agar-agar, dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan tekstur produk pangan.
6. Pengendalian Oksidasi: Antioksidan, seperti vitamin C atau E, dapat ditambahkan ke dalam makanan untuk mencegah oksidasi yang dapat menyebabkan kerusakan pada lemak dan vitamin dalam makanan.
7. Penyedap Rasa: Penggunaan bahan kimia penyedap rasa, seperti monosodium glutamat (MSG), dapat digunakan untuk meningkatkan rasa produk pangan.

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

8. Pengatur Kandungan Gula: Bahan kimia seperti sukralosa atau aspartam dapat digunakan sebagai pemanis buatan untuk mengurangi kandungan gula dalam produk pangan.

Penting untuk dicatat bahwa penggunaan bahan kimia dalam pengolahan pangan harus mematuhi standar keamanan pangan yang ditetapkan oleh otoritas kesehatan dan badan pengawasan pangan. Konsumen juga harus memahami bahwa beberapa orang mungkin memiliki reaksi alergi terhadap bahan kimia tertentu, dan informasi tentang bahan tambahan harus dijelaskan pada label produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Amit SK, Uddin MM, Rahman R, Islam SMR, Khan MS. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture & Food Security*. 2017;6:51. DOI: 10.1186/s40066-017-0130-8
- Ainsworth P, Plunkett A. Reducing salt in snack products, Reducing salt in foods: Practical strategies. Kilcast D, Angus F, editors. Cambridge, UK: Woodhead P; 2007. pp. 296–315.
- Bautista-Gallego J, Arroyo-Lopez FN, Duran-Quintana MC, Garrido-Fernandez A. Individual effects of sodium, potassium, calcium, and magnesium chloride salts on *Lactobacillus pentosus* and *Saccharomyces cerevisiae* growth. *Journal of Food Protection*. 2008; 71(7):1412–1421. [[PubMed](#)]
- Brady M. Sodium: Survey of the usage and functionality of salt as an ingredient in UK manufactured food products. *British Food Journal*. 2002;104(2):84–125.
- Cichello SA. Oxygen absorbers in food preservation: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52(4):1889-1895

- CSPI (Center for Science in the Public Interest). Salt assault: Brand-name comparisons of processed foods. 2nd ed. Washington, DC: Center for Science in the Public Interest; 2008.
- Curtis PA. Guide to food laws and regulations. 1st ed. Ames, IA: Wiley-Blackwell; 2005.
- Fennema OR. Food chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker; 1996.
- Kumar A. Food preservation: Traditional and modern techniques. *Acta Scientific Nutritional Health*. 2019;3(12):45-49
- Lewis RJ Sr. Food additives handbook. New York: Van Nostrand Reinhold; 1989.
- Lobstein T, Macmullan J, McGrath T, Witt J. Cereal offences: A wake-up call on the marketing of unhealthy food to children, *Junk Food Generation*. London: Consumers International; 2008.
- Man CM. Technological functions of salt in food products, Reducing salt in foods: Practical strategies. Kilcast D, Angus F, editors. Cambridge, UK: Woodhead; 2007. pp. 157–173.
- Potter NN, Hotchkiss JH. Food science. Food science texts series. 5th ed. New York: Chapman & Hall; 1995.

Singh RP, Wilfred DN. Food Preservation. Encyclopedia Britannica. 5 January 2023. Available from: <https://www.britannica.com/topic/food-preservation> [Accessed: 21 January 2023]

Park SH, Lamsal BP, Balasubramaniam VM. Principles of food processing. In: Clark S, Jung S, Lamsal B, editors. Food Processing: Principles and Applications. 2nd ed. UK: John Wiley & Sons, Ltd.; 2014. pp. 1-15

BAB 6

PRINSIP PENGOLAHAN DENGAN FERMENTASI

6.1 Pendahuluan

Fermentasi telah digunakan selama berabad-abad, tidak hanya berfungsi untuk mengawetkan makanan tetapi juga meningkatkan rasa dan nilai gizi. Proses fermentasi mampu mengubah komposisi kimia makanan, membuat zat-zat kompleks menjadi lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh. Contoh makanan fermentasi yang populer meliputi yoghurt, kefir, sauerkraut, kimchi, miso, tempe, berbagai jenis keju, dan minuman beralkohol seperti bir dan anggur. Keragaman mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi menghasilkan berbagai rasa, tekstur, dan manfaat kesehatan yang unik pada setiap produk fermentasi. Bab ini akan mengupas sejarah, prinsip-prinsip dasar fermentasi, dan mengeksplorasi berbagai jenis produk fermentasi dan mikroorganisme yang terlibat didalamnya.

6.2 Sejarah Fermentasi

Fermentasi telah menjadi bagian integral dari perkembangan peradaban manusia sejak zaman kuno. Bukti-bukti sejarah menunjukkan bahwa sekitar tahun 5000 SM, orang-orang di Babilonia telah memproduksi anggur, sebuah tradisi yang diikuti oleh peradaban Mesir Kuno sekitar tahun 3000 SM, yang juga mulai membuat anggur dan berbagai jenis minuman fermentasi lainnya. Di Meksiko pra-Hispanik sekitar tahun 2000 SM, masyarakat sudah mengenal teknik fermentasi untuk membuat minuman beralkohol dari tanaman lokal, dan di Sudan sekitar tahun 1500 SM, teknik fermentasi serupa juga diterapkan. Tidak hanya minuman, fermentasi susu juga mulai dikenal di Babilonia sekitar tahun 3000 SM, memungkinkan pengawetan susu dalam bentuk yang lebih tahan lama seperti yoghurt atau kefir. Pada sekitar tahun 1500 SM, orang-orang di Mesir Kuno sudah mulai membuat roti beragi, yang menjadi salah satu makanan pokok yang dapat disimpan lebih lama dan memiliki tekstur lebih baik dibandingkan roti tidak beragi.

Di Asia, fermentasi juga memainkan peran penting dalam budaya dan tradisi kuliner. Pada mulanya fermentasi tidaklah terlalu populer dan jarang digunakan untuk memfermentasi biji-bijian atau kedelai termasuk susu dan produk hewani lainnya kecuali ikan. Sekitar tahun 300 SM, proses pembuatan koji, yang merupakan dasar dari banyak fermentasi kedelai seperti miso dan kecap, sudah

dikenal di Cina, yang juga kemungkinan besar adalah bangsa pertama yang mengembangkan fermentasi sayuran. Di Indonesia, khususnya di Jawa, masyarakat mengembangkan teknik fermentasi kedelai menjadi tempe, menggunakan jamur *Rhizopus oligosporus*. Fermentasi ini tidak hanya mengawetkan kedelai tetapi juga meningkatkan nilai gizinya. Sejarah fermentasi menunjukkan bagaimana proses ini tidak hanya digunakan untuk pengawetan makanan tetapi juga untuk meningkatkan nilai gizi dan rasa, dari Babilonia hingga Jawa, dan dari anggur hingga tempe.

Perkembangan fermentasi dewasa ini sangat dipengaruhi oleh kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan. Teknologi terapan dalam fermentasi mencakup penggunaan kultur starter spesifik yang dipilih untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan dalam produk akhir, memungkinkan produksi makanan fermentasi yang konsisten dan berkualitas tinggi. Kontrol yang lebih baik terhadap kondisi fermentasi seperti suhu, pH, dan aerasi memungkinkan optimisasi proses dan peningkatan hasil. Selain itu, fermentasi modern juga melihat penggunaan bioteknologi untuk mengembangkan strain mikroorganisme yang lebih efisien dan tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan. Inovasi ini memungkinkan produksi produk baru dengan nilai tambah tinggi seperti probiotik, enzim industri, dan biofuel.

6.3 Manfaat dan Tujuan Fermentasi

Fermentasi dapat meningkatkan umur simpan, bioavailabilitas nutrisi, dan pencernaan produk makanan. Susu segar dapat mengalami degradasi mikrobiologis dalam waktu kurang dari 8 jam pada suhu ruangan, tetapi produk susu yang difermentasi seperti dadih, yoghurt, atau keju dapat bertahan hingga dua hari atau lebih. Susu fermentasi yang mengalami perlakuan pasteurisasi atau sterilisasi memiliki umur simpan yang lebih panjang dan dapat disimpan pada suhu ruang (Usmiati dan Risfaheri, 2013). Menurut Ihsan, dkk. (2017), yogurt sinbiotik memiliki umur simpan 9,5 hari pada penyimpanan suhu ruang. Dadih tradisional memiliki umur simpan ± 3 hari (Naibaho dkk. 2023), namun dengan pengemasan yang baik, dadih dapat bertahan hingga 24 hari tanpa penurunan kualitas (Usmiati dan Risfaheri, 2013).

Produk fermentasi seperti tempe, yang berasal dari kedelai, memiliki peningkatan profil nutrisi, termasuk penambahan vitamin B12, yang penting bagi diet vegetarian atau vegan. Selain itu, fermentasi meningkatkan organoleptik makanan dengan menghasilkan senyawa volatil yang kompleks yang memperkaya rasa dan aroma. Proses ini juga mengurangi kandungan anti nutrisi seperti fitat dalam kedelai, sehingga meningkatkan bioavailabilitas mineral esensial seperti zat besi dan seng. Perdani dan Utama (2020) melaporkan peningkatan kandungan protein terlarut dan

penurunan asam fitat pada fermentasi kedelai, semakin lama waktu fermentasi semakin tinggi kenaikan protein terlarut dan semakin rendah asam fitat. Hal yang sama juga dilaporkan Anam dkk. (2010) pada pembuatan tempe dari kacang koro benguk.

Fermentasi juga memberikan manfaat kesehatan yang signifikan melalui produksi senyawa bioaktif dan probiotik (Nuraida, dkk. 2022). Produk fermentasi seperti tempe mengandung isoflavon yang dimetabolisme menjadi bentuk bioaktif yang dapat mendukung kesehatan kardiovaskular dan pencernaan. Isoflavon pada kedelai memiliki kemampuan menangkal radikal bebas (Zielonka, 2003) yang bermanfaat sebagai anti kanker. Isoflavon juga berguna bagi penderita penyakit hipertensi, arteriosklerosis (Setiawati et al., 2014). Kandungan isoflavon pada tempe rata-rata $\pm 0,151$ % b/b. Semakin lama fermentasi semakin tinggi kadar isoflavon tempe. Reaksi hidrolisis selama proses fermentasi membebaskan senyawa gula dan isoflavon aglukon yang bertransformasi menjadi senyawa baru dengan aktivitas biologi yang lebih tinggi (Maryam, 2016). Probiotik dalam produk fermentasi seperti yoghurt hingga saat ini diyakini dapat meningkatkan kesehatan gastrointestinal dengan mempertahankan keseimbangan mikrobiota usus dan mendukung sistem imun. Strain *Lactobacillus* yang umum terdapat pada yogurt memiliki dampak significant pada komposisi mikrobiota usus (Arthur dkk., 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Lisko dkk. (2017), diluar keterbatasan pada penelitian ini, konsumsi yogurt dosis tinggi menunjukkan sedikit peningkatan keanekaragaman mikroba yang perlu diteliti lebih lanjut. Menurut penelitian Daniel dkk. (2022), asupan yogurt menjaga homeostasis glukosa tubuh yang sebagian dipengaruhi oleh mikrobiota usus. Secara keseluruhan, fermentasi makanan tidak hanya memperpanjang umur simpan dan meningkatkan kualitas sensorik, tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap kesehatan manusia melalui mekanisme nutrigenomik dan peningkatan kesehatan usus, menjadikannya teknologi yang sangat penting dalam produksi dan konsumsi pangan modern.

Fermentasi memiliki tujuan yang berbeda-beda tergantung pada jenis makanan yang diolah. Ketika buah, sayuran, susu, ikan, dan daging difermentasi, maka tujuan utamanya adalah menjaga dan meningkatkan sifat organoleptik serta nilai gizi makanan tersebut. Dalam konteks ini, mikroorganisme yang menguntungkan digunakan untuk mengubah komponen-komponen makanan, memperpanjang umur simpan secara alami, serta meningkatkan karakteristik sensorik seperti rasa, aroma, dan tekstur. Sebagai contoh, proses fermentasi pada produk susu seperti yoghurt dan keju tidak hanya meningkatkan masa simpannya dibandingkan susu segar, tetapi juga menghasilkan rasa asam dan tekstur krim yang

diinginkan oleh konsumen. Begitu pula dengan fermentasi pada sayuran seperti sauerkraut dan kimchi yang tidak hanya mempertahankan kekerasan tetapi juga mengembangkan rasa yang kompleks.

Di sisi lain, fermentasi biji-bijian, tujuan utama bukanlah hanya menjaga karakteristik awal tetapi juga untuk secara signifikan mengubah sifat organoleptik dan nilai gizi mereka. Proses fermentasi seperti fermentasi sourdough dalam pembuatan roti atau fermentasi koji dalam produksi kecap digunakan untuk memecah karbohidrat kompleks dan meningkatkan ketersediaan nutrisi. Fermentasi *sourdough* tidak hanya memberikan rasa asam yang khas pada roti tetapi juga meningkatkan kemampuan pencernaannya dengan mengurai gluten, menjadikannya lebih mudah dicerna oleh individu dengan sensitivitas gluten. Begitu pula dengan produksi miso dan tempe dari kedelai, fermentasi tidak hanya menghasilkan produk dengan umur simpan lebih lama, tetapi juga meningkatkan kandungan protein dan mengenalkan probiotik yang bermanfaat bagi kesehatan usus. Secara keseluruhan, fermentasi tidak hanya bertujuan untuk memperpanjang umur simpan makanan, tetapi juga untuk meningkatkan nilai gizi, keamanan, dan karakteristik organoleptik makanan.

6.4 Prinsip Dasar Fermentasi

Fermentasi adalah proses biokimia yang menggunakan mikroorganisme untuk mengubah bahan mentah menjadi produk yang bernilai lebih tinggi dengan rasa, tekstur, dan karakteristik yang unik. Menurut Bimo (2020), fermentasi adalah perubahan biokimia pada bahan pangan yang melibatkan aktivitas mikroorganisme dan enzim yang mereka hasilkan.

6.4.1 Jenis Mikroorganisme yang Berperan dalam Fermentasi

Mikroorganisme yang penting dalam fermentasi meliputi bakteri, jamur, dan kapang. Berbagai bakteri yang berperan dalam fermentasi makanan dapat dikategorikan berdasarkan jenis produk yang difermentasi seperti: (a) ***Lactic Starter Culture*** mencakup bakteri yang terutama digunakan dalam fermentasi produk susu, seperti *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, dan *Bifidobacteria*. Bakteri ini mengubah laktosa menjadi asam laktat, memberikan rasa asam dan membantu pembentukan tekstur produk. Jenis *Tetragenococcus halophilus* ditemukan dalam fermentasi tauco dan kecap, (b) ***Propionibacterium***, yang mencakup *P. freudenreichii*, *P. jensenii*, *P. thoenii*, dan *P. acidipropionici*, digunakan dalam pembuatan keju Swiss. Bakteri ini menghasilkan asam propionat dan karbon

dioksida, yang membantu membentuk lubang-lubang khas pada keju Swiss; (c) **Acetobacter** berperan penting dalam fermentasi asam asetat, komponen utama dalam produksi cuka. Spesies seperti *A. aceti* digunakan dalam fermentasi asam asetat, sementara *A. xylinum* digunakan dalam pembuatan nata de coco. Jenis bakteri dan peran mereka disajikan dalam Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Jenis Bakteri dan Perannya

| Jenis Bakteri | Peranan |
|--------------------------|---|
| <i>Lactococcus</i> | Pembuatan keju dan produk susu fermentasi |
| <i>Streptococcus</i> | Pembuatan yogurt dan keju mozzarella |
| <i>Leuconostoc</i> | Fermentasi sayuran seperti sauerkraut dan kimchi, serta dalam produk susu seperti keju |
| <i>Pediococcus</i> | Fermentasi sayuran dan juga dalam pembuatan bir tertentu |
| <i>Lactobacillus</i> | Pembuatan yogurt, keju, sauerkraut, kimchi, dan lain-lain |
| <i>Bifidobacteria</i> | Pembuatan produk susu fermentasi dan dikenal memiliki manfaat probiotik yang baik untuk kesehatan usus. |
| <i>Propionibacterium</i> | Fermentasi alami keju jenis Swiss |

| | |
|--------------------|------------------------|
| <i>Acetobacter</i> | Fermentasi asam asetat |
|--------------------|------------------------|

Ragi dalam fermentasi makanan dan minuman juga memainkan peran penting dalam berbagai proses fermentasi. Salah satu ragi yang paling penting adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Jenis ini berperan dalam proses produksi roti membantu adonan mengembang, menghasilkan alkohol dan CO₂ pada produksi bir, anggur, dan minuman keras suling, menghasilkan enzim yang menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa pada produksi invertase, memberikan rasa pada makanan pada produksi bumbu makanan. Ada dua jenis utama *Saccharomyces cerevisiae* yaitu ragi yang tumbuh pada bagian atas atau *Top Yeast*. Jenis ini tumbuh sangat cepat pada suhu 20°C, menghasilkan alkohol dan CO₂, membentuk gumpalan dan mengapung di permukaan. Jenis kedua yaitu *bottom yeast*, tumbuh lebih baik pada suhu 10-15°C, menghasilkan CO₂ dengan lambat, tumbuh perlahan, dan mengendap di dasar. Disamping *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis* merupakan jenis ragi yang banyak digunakan untuk produksi protein sel tunggal (sumber protein alternatif) (Sulastri et al., 2022). *Kluyveromyces marxianus* adalah ragi yang mampu menghidrolisis laktosa dan sering terkait dengan fermentasi alami

bersama bakteri asam laktat (LAB). Ragi ini terlibat dalam fermentasi susu beralkohol seperti kefir (Lo, et al., 2021).

Kapang dalam fermentasi makanan banyak berperan dalam produksi aditif atau enzim untuk digunakan dalam makanan. Beberapa jenis kapang utama yang digunakan dalam fermentasi makanan meliputi *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, dan *Mucor*. *Aspergillus oryzae* digunakan dalam produksi sake, kecap, dan miso. *Penicillium roqueforti* digunakan untuk pematangan keju Roquefort, Gorgonzola, dan Blue Cheese. *Penicillium camemberti* digunakan dalam pembuatan keju Camembert. *Penicillium caseicolum* digunakan dalam pembuatan keju Brie. *Aspergillus niger* digunakan untuk produksi asam sitrat dan asam glukonat, serta produksi enzim seperti pektinase dan amilase yang digunakan sebagai bahan tambahan makanan. Kapang-kapang ini berkontribusi pada pengembangan rasa, tekstur, dan karakteristik khas produk fermentasi, serta dalam produksi enzim dan asam yang penting untuk industri makanan.

6.4.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroba Selama Fermentasi

Pertumbuhan mikroba selama proses fermentasi tidak hanya dipengaruhi oleh jenis dan ketersediaan makanan, namun juga

dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, pH, aktivitas air, dan potensi redoks.

Berdasarkan suhu yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk dapat tumbuh dengan baik, mikroorganisme dikelompokkan menjadi tiga yaitu: (a) Psikrotrof tumbuh dengan baik pada suhu 7°C atau lebih rendah dan memiliki kisaran suhu pertumbuhan optimal antara 20°C hingga 30°C; (b) Mesofil tumbuh dengan baik pada suhu antara 20°C hingga 45°C dengan kisaran suhu optimal antara 30°C hingga 40°C; (c) Termofil tumbuh dengan baik pada suhu 45°C atau lebih tinggi dan memiliki kisaran suhu pertumbuhan optimal antara 55°C hingga 65°C.

Sebagian besar mikroorganisme tumbuh dengan baik pada pH yang mendekati 7,0, meskipun ada beberapa yang dapat berkembang pada pH di bawah 4,0. Bakteri cenderung lebih peka terhadap perubahan pH dibandingkan dengan jamur dan ragi, dan bakteri patogen bahkan lebih sensitif terhadap pH (Sulastri et al., 2022).

Mikroorganisme membutuhkan air dalam jumlah yang cukup untuk untuk reaksi metabolisme dalam sel. Air yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme sangat tergantung dengan nilai

aktivitas air atau Aw-nya. Secara umum, bakteri membutuhkan Aw yang lebih tinggi daripada jamur. Bakteri jenis Gram-negatif memerlukan Aw yang lebih tinggi dibandingkan bakteri Gram-positif. Pada Aw 0,91, mayoritas bakteri penyebab pembusukan makanan dapat tumbuh dengan baik. Jamur dapat tumbuh baik pada Aw di bawah 0,80. Ragi mampu bertahan pada Aw yang lebih rendah dibandingkan bakteri. Beberapa jenis ragi dapat tumbuh pada Aw 0,65 dan 0,61. Penurunan Aw di bawah nilai optimal biasanya memperpanjang fase lag dan mengurangi laju pertumbuhan karena menyebabkan stres osmotik.

6.4.3 Laju Pertumbuhan Mikroba selama Fermentasi

Pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi dapat dibagi menjadi 4 tahap yaitu: fase lag, fase eksponensial, fase stationer, dan fase kematian. Fase lag adalah tahap awal ketika mikroba mulai beradaptasi setelah diinokulasi ke dalam medium pertumbuhan, biasanya berlangsung sekitar 1 jam dengan laju pembelahan sel yang lambat. Selanjutnya, dalam fase eksponensial, jumlah sel meningkat pesat karena mikroba membelah diri dengan cepat dan memproduksi metabolit primer secara konsisten. Ketika populasi sel meningkat, persaingan antara mikroba mulai terjadi, memasuki fase stasioner di mana laju kematian sel sama dengan laju

pertumbuhan karena kekurangan nutrisi dan akumulasi metabolit toksik. Setelah fase stasioner, mikroba memasuki fase kematian, di mana metabolisme berhenti dan sel-sel mulai mati secara signifikan karena lingkungan yang tidak lagi mendukung pertumbuhan. (Nurfitriani, et al., 2023). Agar proses fermentasi bisa menghasilkan hasil yang optimal, tahapan pertumbuhan mikroba ini perlu diperhatikan dengan baik.

6.5 Jenis-jenis Fermentasi

Jenis-jenis fermentasi berdasarkan tekniknya dapat dibedakan menjadi: fermentasi asam laktat, fermentasi alkohol, dan fermentasi asam asetat, fermentasi garam, dan fermentasi kapang.

6.5.1 Fermentasi Asam Laktat

Fermentasi asam laktat terdiri dari *homolactic fermentation* dan *heterolactic fermentation*. *Homolactic fermentation* merupakan fermentasi yang mengubah glukosa melalui EMP *pathway* sehingga menghasilkan asam laktat sebagai satu-satunya produk akhir. Fermentasi ini umumnya melibatkan mikroorganisme dari spesies *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus* dan *Lactobacillus*. Banyak digunakan pada industri susu dan olahannya.

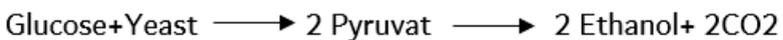


Heterolactic fermentation menguraikan glukosa melalui jalur *Pentose Phosphate* disamping menghasilkan produk akhir berupa asam laktat juga menghasilkan alkohol dan CO₂.



6.5.2 Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol sering digunakan pada proses pembuatan makanan dan minuman. Pada fermentasi alkohol umumnya pati atau karbohidrat kompleks lainnya dipecah menjadi gula sederhana selanjutnya diubah menjadi alkohol. Proses fermentasi alkohol dimulai dengan penguraian heksosa (seperti glukosa dan fruktosa) menjadi asam piruvat melalui proses glikolisis oleh ragi. Kemudian, asam piruvat tersebut diubah menjadi asetaldehid melalui proses dekarboksilasi yang dikatalis oleh enzim dekarboksilase piruvat. Asetaldehid ini selanjutnya diubah menjadi etanol dengan bantuan enzim alkohol dehidrogenase. Reaksi pemecahan gula menjadi alkohol bersifat eksotermis. Reaksi fermentasi alkohol sebagai berikut:



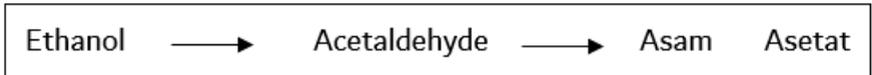
Mikroorganisme yang sering digunakan yaitu spesies *Saccharomyces* dan *Schizosaccharomyces*. Disamping itu, jamur amilolitik dan ragi juga penting dalam proses fermentasi. Contohnya, *Aspergillus oryzae*, yang dikenal sebagai koji, adalah jamur berfilamen yang digunakan dalam produksi sake. Demikian pula, jamur seperti *Mucor* dan *Amylomyces rouxii* berperan dalam fermentasi tape dengan memecah pati menjadi gula yang dapat difermentasi.

Tidak hanya melibatkan mikroorganisme golongan Jamur, pada fermentasi sake, tape, dan anggur alami, bakteri asam laktat juga terlibat. Bakteri ini menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingan fermentasi, yang memberikan kontribusi pada profil rasa dan keasaman produk akhir. Kombinasi pemecahan pati oleh amilase dan fermentasi oleh ragi dan bakteri ini menunjukkan kompleksitas proses biokimia yang terlibat dalam fermentasi tradisional ini.

6.5.3 Fermentasi Asam Asetat

Menurut Codex fermentasi asam asetat adalah cairan yang dihasilkan dari fermentasi etanol yang merupakan hasil fermentasi dari bahan baku yang sesuai (misalnya anggur, sari apel). Contohnya termasuk cuka sari apel, cuka anggur, cuka malt, cuka balsamik, cuka spirit, dan cuka buah (cuka anggur). Proses pembuatan cuka

melibatkan dua tahap, di mana ragi mengubah gula menjadi alkohol, yang kemudian diikuti oleh *Acetobacter* yang mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat. Reaksi fermentasi asam asetat sebagai berikut:



Starter cuka terdiri dari organisme yang biasanya tumbuh di permukaan substrat, membentuk massa seperti jeli yang dikenal sebagai 'induk cuka'. Induk ini terdiri dari *acetobacter* dan ragi yang bekerja bersama. Bakteri utama adalah *Acetobacter aceti*, *A. xylinum*, dan *A. ascendens*. Ragi utamanya adalah *Saccharomyces ellipsoideus* dan *S. cerevisiae*.

6.5.4 Fermentasi Garam

Fermentasi dengan konsentrasi garam tinggi adalah metode yang digunakan dalam pembuatan berbagai produk seperti terasi, petis, saus ikan, tauco, dan kecap. Proses ini melibatkan mikroorganisme yang dapat bertahan dalam lingkungan dengan kadar garam tinggi, yang mengubah bahan makanan menjadi produk fermentasi yang kaya rasa. Produk-produk ini biasanya digunakan sebagai bumbu atau penyedap dalam berbagai masakan, memberikan rasa umami yang mendalam dan kompleks. Fermentasi

pada konsentrasi garam tinggi tidak hanya meningkatkan cita rasa tetapi juga membantu dalam pengawetan makanan, menjadikannya lebih tahan lama dan aman untuk dikonsumsi. Menurut Anggo et al. (2014), garam dapat menciptakan kondisi fermentasi khusus yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme halotoleran (yang dapat bertahan dalam lingkungan garam) dan memicu reaksi yang menghasilkan karakteristik khusus pada terasi yang diproduksi.

6.5.5 Fermentasi Kapang

Disamping jenis fermentasi tersebut di atas ada fermentasi yang menggunakan jamur atau dikenal dengan istilah fermentasi Kapang. Jenis Kapang yang sering dimanfaatkan diantaranya *Monascus purpureus*, *Aspergillus sojae*, *Rhizopus oligosporus*, *R. oryzae*, dan *Aspergillus oryzae*. Beberapa produk fermentasi dengan menggunakan kapang yaitu tempe, dan oncom.

Tempe merupakan produk tradisional Indonesia yang sudah ada sejak zaman nenek moyang. Tahapan fermentasi pada tempe berfungsi untuk memecah ikatan-ikatan yang ada pada kedelai oleh kapang dengan cara menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks pada kedelai menjadi senyawa yang lebih sederhana (Nuriada, et al., 2022). Tempe dibuat menggunakan ragi jamur jenis *Rhizopus oligosporos*. Bahan baku utama pembuatan tempe yaitu kedelai, dan dapat menggunakan berbagai jenis kacang-kacangan lainnya seperti

kacang koro, kecipir, dll. Pada proses fermentasi kacang-kacangan berfungsi sebagai sumber protein. Prosesnya dimulai dengan merendam kedelai semalaman, membuang kulitnya, membelahnya, merebus, mengeringkan, mendinginkan, dan menginokulasi nya. Kedelai kemudian dikemas dalam daun pisang atau kantong plastik berlubang dan dibiarkan berfermentasi selama 2 hari. Jamur tumbuh dan menyatukan kacang menjadi tempe.

Disamping itu, ada juga fermentasi campuran melibatkan dua tahap fermentasi yang melibatkan jamur, ragi, dan bakteri asam laktat. Contohnya termasuk kecap dan tauco. Kecap merupakan cairan gelap dengan rasa manis dan asin. Kecap manis dibuat dengan menambahkan gula aren dan rempah-rempah. Ada dua jenis kecap, yaitu gaya Tiongkok yang menggunakan kedelai sebagai bahan utama dan gaya Jepang yang menggunakan campuran kedelai dan gandum. Sementara tauco, memiliki konsistensi seperti bubur dengan tambahan gula aren dan rempah-rempah. Proses fermentasi tauco terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah fermentasi kapang yang berlangsung selama 2-3 hari. Tahap kedua adalah fermentasi dalam larutan garam yang memakan waktu beberapa bulan. Fermentasi kapang menggunakan kapang *Aspergillus oryzae* atau *Aspergillus soyae*. Dalam proses ini, campuran kedelai, gandum yang telah dihancurkan, dan dedak gandum, atau campuran dedak gandum dengan tepung kedelai atau

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

tepung beras diinokulasi dengan spora kapang, yang disebut sebagai koji. Selama fermentasi kapang, enzim seperti proteinase, amilase, dan enzim lainnya diproduksi. Selain itu, flora bakteri asam laktat juga berkembang. Proses fermentasi dalam larutan garam melibatkan fermentasi asam laktat oleh bakteri asam laktat, termasuk *Pediococcus (Tetragenococcus) halophilus*. Selain itu, fermentasi alkohol oleh ragi seperti *Saccharomyces cerevisiae* atau *Zygosaccharomyces soyae* juga terjadi. Kadang-kadang, *B. subtilis* juga tumbuh dalam proses ini. Fermentasi ini diselesaikan dengan tahap pematangan dan penuaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C., Handayani, S., Rokhmah, R.N. 2010. Kajian Kadar Asam Fitat Dan Kadar Protein Selama Pembuatan Tempe Kara Benguk (*Mucuna Pruriens,L*) dengan Variasi Pengecilan Ukuran dan Lama Fermentasi. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, Vol 3(1): p.34-43.
- Anggo, AD, Swastawati F, Ma'aruf WF, Rianingsih L. 2014. Mutu Organoleptik dan Kimiawi Terasi Udang Rebon dengan Kadar Garam Berbeda dan Lama Fermentasi. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 17(1): 53-59
- Arthur, J.C., Gharaibeh, R.Z., Uronis, J.M., Perez-Chanona, E., Sha, W., Tomkovich, S., Mu'hlbauer, M., Fodor, A.A., Jobin, C. 2013. Probiotic Modifies Mucosal Microbial Composition But Does Not Reduce Colitis-Associated Colorectal Cancer. Scientific Reports 3: 2868: p. 1-9. DOI: 10.1038/srep02868.
- Daniel, N., Nachbar, R.T., Tran, T.T.T., Ouellette, A., Varin,T.V., Cotillard, A., Quinquis, L., Gagne, A., St-Pierre, P., Trottier, J.,Marcotte, B., Poirel, M., Saccareau, M., Dubois, M-J., Joubert, P., Barbier,O., Koutnika, H., Marette, A., 2022. GutMicrobiota And Fermentation-Derived Branched Chain Hydroxy Acids Mediate HealthBenefits of Yogurt Consumption in Obese Mice. Nature Communication, Vol 13, 1343. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29005-0>

- Ihsan, R.Z., Cakrawati, D., Handayani, M.N., Handayani, S. 2017. Penentuan Umur Simpan Yoghurt Sinbiotik dengan Penambahan Tepung Gembolo Modifikasi Fisik. *Edufortech* Vol 2(1):p 1-6.
- Lisko, D.J., Johnston, G.P., Johnston, C.G. 2017. Effects of Dietary Yogurt on the Healthy Human Gastrointestinal (GI) Microbiome. *National Library of Medicine*, Vol 15(1):6
<https://doi.org/10.3390/microorganisms5010006>
- Lo. S.c. Yang, C.Y., Mathew, D.C., Huang, C.C. 2021. Growth and Autolysis of the Kefir Yeast *Klyveromyces Marxianus* in Lactate Culture. *Scientific Reports* 2: 14552.
- Maryam, S., 2016. Komponen Isoflavon Tempe Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris* L) Pada Berbagai Lama Fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016*.
- Naibaho, B, Simanjuntak, R., Silalahi, M. 2023. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Sifat Kimia, Total Koloni Bakteri dan Organoleptik Dadih. *Jurnal Bios Logos* Vol 13(3):p 192-212. <https://doi.org/10.35799/jbl.v13i3.49190>.
- Nuraida, L., Hasanah, U., Athaya, D.r., Refita, K., 2022. *Teknologi Fermentasi Makanan*. IPB Press. Bogor Indonesia.
- Nurfitriani, A., Chusniasih, D., Hasma, Setiavani, G., Cahyani, D.A., Ningsih, H., Swandi, M.K. 2023. *Teknologi Fermentasi*. Yayasan Kita Menulis.

- Perdani, A.W., Utama, Z. 2020. Korelasi Kadar Asam Fitat dan Protein Terlarut Tepungtempe Kedelai Lokal Kuning (Glycine Max) dan Hitam (Glycine Soja) Selama Fermentasi. Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana FT UNY, Vol 15(1).
- Setiarto, R.H.B., 2020. Teknologi Fermentasi Pangan Tradisional dan Produk Olahannya. CV Emedia.
- Setiawati, A., Yuliani, S.H., Gani, M.R., Fenny, E., Veronica, Putri, D.C.A., Putra, R.E., Chandra, D., Putra, Kurniawan, A.M., Istyastono, E.P. 2014. Analisis Kuantitatif Isoflavon Tempe Secara Cepat Dan Sederhana Menggunakan Metode Kromatografi Lapis Tipis- Densitometri. Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas, Vo; 11(1): p.13-17.
- Sulastri, E, Indriani, C., Zainudin, M., Wardhani, S., Astraini, M., Ariyanto, E. 2022. Review: Peran Mikrobiologi pada Industri Makanan. Jurnal Indobiosains. Vol 4(1).
- Usmiati, S., Risfaheri. 2013. Pengembangan Dadih Sebagai Pangan Fungsional Probiotik Asli Sumatera Barat. Jurnal Litbang Pertanian, Vol 32(1): p. 20-29.
- Zielonka, J., Gbicki, J. and Gryniewicz, G. 2003. Radical Scavenging Properties of Genistein. Free Radical Biology and Medicine 35, 958965

BAB 7

PRINSIP PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH

7.1 Pendahuluan

Pangan semi basah atau bisa disebut juga *Intermediate Moisture Food* (IMF) merupakan pangan yang bertekstur lunak dengan teknik pengolahan satu atau lebih perlakuan. *Intermediate Moisture Food* (IMF) memiliki kandungan berupa karbohidrat, lemak, protein dan kandungan yang telah memiliki perubahan kimia. Umur simpan pangan semi basah ini dipengaruhi oleh kandungan bahan, aktivitas mikroba, pengolahan, pengemasan dan bahan pengawet yang digunakan.

Pangan semi basah dapat bertahan lama karena mengandung 10-40% air dan memiliki aktivitas air (a_w) antara 0,6- 0,85, yang membuat mikroba seperti bakteri, khamir, dan kapang tidak dapat berkembang, karena mikroba hanya tumbuh pada a_w di atas 0,9. Aktivitas air (a_w) adalah jumlah air bebas yang bisa digunakan mikroorganisme untuk tumbuh dan tidak mempengaruhi jumlah absolut air dalam bahan pangan, sehingga dua jenis pangan dengan kandungan air yang sama bisa memiliki a_w yang berbeda.

Aktivitas air (a_w) dapat memperpanjang masa simpan dengan menambahkan gula, garam, atau melalui pembekuan, karena humektan yang bersifat higroskopis dapat menurunkan a_w bahan pangan (Muchtadi dan Sugoyono, 2013). Pengawetan pangan semi basah memiliki banyak keunggulan, salah satunya tekstur yang lunak dan plastis (mudah dibentuk), serta bisa langsung dikonsumsi tanpa perlu dehidrasi, sterilisasi, pendinginan, atau pengeringan. Contoh pangan semi basah yaitu selai dan jeli, dodol, hot curry cube, brownies, aneka saus, gethuk (dari ubi jalar), dendeng, terasi, dan masih banyak lagi (Wilna *et al.*, 2024).

7.2 Pengendalian Aktifitas Air (A_w)

Aktivitas air (a_w) diartikan sebagai perbandingan antara tekanan uap air dalam larutan dengan tekanan uap air murni pada suhu yang sama. Faktor ini sangat penting dalam mengendalikan mikroorganisme, karena aktivitas dan ketahanan mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh aktivitas air (a_w) dalam bahan tersebut, yang menunjukkan jumlah air bebas yang bisa digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh. Nilai a_w yang rendah pada makanan semi basah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi kimia, sehingga membuat makanan semi basah lebih tahan lama (Winarno, 2004).

Nilai aw minimum yang diperlukan mikroorganismenya untuk tumbuh dan berkembang dengan optimal. Misalnya bakteri membutuhkan nilai aw minimal 0,90 khamir memerlukan nilai aw antara 0,80-0,90 dan kapang dapat tumbuh pada nilai aw 0,60-0,70. Nilai aw Pangan semi basah kisaran 0,60-0,90 mikroba yang sering tumbuh pada jenis pangan ini adalah kapang dan khamir (Muchtadi dan Sugoyono, 2013). Mikrobia yang dapat tumbuh pada pangan semi basah terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai aktivitas air (a_w) minimum mikroba yang sering terdapat pada pangan semi basah

| A_w | Bakteri | Khamir | Kapang |
|-------|---|--|---------------------|
| 0,90 | <i>Lactobacillus</i> ^a <i>Micrococcus</i> <i>Pediococcus</i> <i>Vibrio</i> ^a | <i>Hansanula</i> <i>Saccharomyces</i> | - |
| 0,88 | - | <i>Candida</i> <i>Debaryomyces</i> <i>Hanseniaspora</i> <i>Torulopsis</i> | <i>Cladosporium</i> |
| 0,87 | - | <i>Debaryomyces</i> ^a | - |

| | | | |
|------|---------------------------|----------------------|---|
| | - | | <i>Penicillium</i> <i>Emericella</i> <i>eremascus</i> |
| 0,75 | Bakteri <i>Halophilic</i> | - | <i>Aspergillus</i> ^a <i>wellemia</i> |
| 0,70 | - | - | <i>Eurotium</i> <i>chrysosporium</i> |
| 0,62 | - | <i>Saccharomyces</i> | |

Sumber : Muchtadi dan Sugoyono (2013)

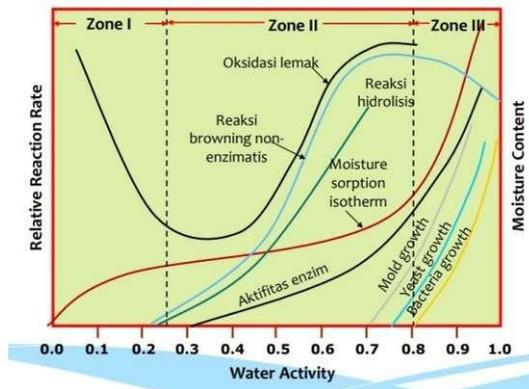
^a beberapa strain

^b aerobik

Ketahanan pangan semi basah terhadap serangan mikroba dipengaruhi oleh metode pengolahannya. Bahan pangan yang diolah melalui proses desorpsi memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan bahan pangan yang diolah melalui proses adsorpsi pada nilai aw yang sama. Penentuan keberadaan mikroba dalam makanan semi basah dapat dilihat dengan tumbuhnya tiga jenis mikroba, yaitu *Aspergillus niger*, *Aspergillus glaucus*, dan *Staphylococcus*. Ini

terjadi karena ketiga jenis mikroba tersebut paling tahan terhadap kondisi substrat. Mikroba yang tumbuh pada pangan semi basah setelah disimpan beberapa hari adalah *Aspergillus sp.*, *Rhizopus sp.*, dan *Penicillium sp.* Kehadiran mikroba-mikroba ini menandakan bahwa pangan semi basah telah mengalami kerusakan.

Kecepatan reaksi kimia dan biokimia pada bahan pangan sangat dipengaruhi oleh kadar air, terutama aktivitas air. Oleh karena itu, dengan mengendalikan aktivitas air bahan pangan, kita dapat mencapai tingkat keawetan yang optimal. Kecepatan reaksi pada bahan pangan sebagai fungsi dari aktivitas air dan kandungan air dapat dilihat pada Gambar 7.1.



Sumber : Labuza (1982)

7.3 Penggunaan Pengawet

Penggunaan bahan pengawet dalam produk pengolahan semi basah sangatlah penting karena dapat mencegah dan menghambat kerusakan akibat mikrobia pembusuk. Dalam teknologi pengolahan pangan semi basah sering menggunakan humektan. Humektan merupakan komponen yang penting dalam pengolahan pangan semi-basah. Karena humektan memiliki sifat higroskopis dan mampu menurunkan aw bahan pangan. Senyawa higroskopis kimia yang digunakan sebagai humektan yaitu garam (mineral dan organik), gula, poliol dan turunan protein. Daftar humektan potensial yang dapat digunakan untuk formulasi produk pangan semi basah dapat dilihat pada Tabel 2. Jenis humektan kompleks seperti tepung ketan, tepung susu yang bias digunakan pada proses formulasi produk pangan semi basah pada berbagai tingkat aw dapat dilihat pada Tabel 3.

Humektan memiliki kemampuan mengikat air dan menurunkan aw, juga dapat bersifat sebagai anti mikrobia, memperbaiki tekstur, citarasa dan dapat meningkatkan kalori. Humektan memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam mengendalikan mikrobia misalnya sukrosa mengikat air lebih efektif daripada pati pada bahan pangan, gliserol mempunyai pengaruh

besar terhadap mikroba tahan garam, NaCl lebih efektif terhadap mikroba yang tidak tahan garam. Penggunaan humektan harus dikontrol agar tidak mempengaruhi citarasa, tekstur maupun penampakan suatu produk .

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Tabel 2. Humektan Potensial Yang Dapat Digunakan Untuk Formulasi Produk Pangan Semi Basah

| Bahan | Menurunkan aw | Kekentalan | Aktivitas Antimikrobia | Kemampuan Rehidrasi | Menahan Kristalisasi | Pemanis | Fungsi Lain ^b | Status FDA |
|------------------------------|---------------|------------|------------------------|---------------------|----------------------|---------|--------------------------|-----------------|
| Garam Mineral | | | | | | | | |
| NaCl, KCl, CaCl ₂ | XX | X | | | X | | XX | GRAS |
| Phospat, polyphospat | X | | | | | | XX | CFR 182 AND 184 |
| Karbonat dan Sulfat tertentu | XX | | | | | | XX | CFR 182 AND 184 |
| Garam dari serum susu | XX | X | | | | | | CFR 182 AND 184 |

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

| | | | | | | | | |
|---|--------------------|------------|--|-----------|--|----------|---------------------|---|
| <p>Asam Organik Asam-asam pangan dan garam-garam Na, K dan Ca Asam askorbat</p> | <p>XX X</p> | <p>X</p> | | <p>XX</p> | | <p>X</p> | <p>XX XX</p> | <p>CFR 182 AND 184 CFR 182 AND 184</p> |
| <p>Protein dan turunannya Asam amino dan garam Oligopeptida Hidrolisat protein</p> | <p>XX X XX</p> | <p>X X</p> | | | | | <p>XX XX XX</p> | <p>21 CFR 182 AND 184 GRAS GRAS</p> |

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

| | | | | | | | | |
|---|----------|-------|--|--|----|------|--|------|
| Monosakarida, Disakarida dan Polisakarida | XX XX XX | XX XX | | | | | | GRAS |
| Pentosa | XX XX XX | XX XX | | | | | | GRAS |
| Hexosa (glukosa,fruktos a) Mannosa, galaktosa, dll | | XX XX | | | XX | XX | | GRAS |
| Disakarida (sukrosa,laktosa, maltosa) | | | | | | XX X | | GRAS |
| Bebagai macam oligosakarida | | | | | XX | | | GRAS |
| Produk alami | | | | | | | | |

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

| | | | | | | | | |
|--|----|----|--|--|----|---|--|------|
| <p>dan industri :Madu, gula, invert, sirup jagung, tinggi fruktosa, sirup glukosa, sirup maple</p> | X | | | | XX | | | GRAS |
| <p>Maltodesktrin (dekstrosa ekivalen 3- 20) dan hidrolisatnya; gum dan</p> | XX | XX | | | XX | X | | GRAS |

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

| | | | | | | | | |
|---|----|----|----|--|----|----|---|--------------------|
| hidrolisatnya; selulosa dan hodrolisatnya | | | | | | | | |
| Alkohol dan polyols | | | | | | | | |
| Ethanol | XX | XX | XX | | | | | 21 CFR 184.1293 |
| Sorbitol | XX | XX | XX | | XX | XX | | 21 CFR 184.1835 |
| Manitol, xylitol, erytritol | XX | X | | | | XX | | 21 CFR 172.395 |
| Gliserol | XX | XX | X | | XX | X | X | 21 CFR 182.1320 |

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|--------------------|
| 1,2-propanadiol, 1,3- butanadiol (propilen glikol) | XX | XX | XX | XX | 21 CFR 182.1666 |
| 1,3-butadiol, 1,3-pentanadiol (1,3- butelin glikol) | XX | XX | XX | | 21 CFR 172.220 |
| 1,3,5-polyol (empat untuk 12 atom karbon) | XX | XX | | | 21 CFR 172.864 |

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

| | | | | | | | | |
|--|----|----|--|--|--|--|--|-------------------|
| Poli-etilen glikol (mol wt 400, 600, 1500, 2400, dll) | XX | XX | | | | | | 21 CFR 172.820 |
|--|----|----|--|--|--|--|--|-------------------|

Sumber : Gulbert (1984)

b Fungsi lainnya termasuk pengaturan pH, meningkatkan nilai gizi, melarutkan protein dan antioksidan

Tabel 3. Beberapa bahan humektan dan Kadar Air pada suhu kamar

| Bahan | Kadar air (%) | | |
|-----------------|---------------|-----------|-----------|
| | Aw = 0,70 | Aw = 0,80 | Aw = 0,90 |
| Kasein | 15 | 19 | 26 |
| Tepung ketan | 28 | 20 | 28 |
| Tepung susu | 28 | 56 | 92 |
| Gliserol | 64 | 108 | 215 |
| Sorbitol | 46 | 67 | 135 |
| Sukrosa | 38 | 56 | 77 |
| Polietil glikol | 38 | 60 | 120 |
| Tepung jagung | 16,5 | 19,7 | 26,7 |
| NaCl | - | 332 | 605 |

Sumber : Muchtadi dan Sugoyono (2013)

7.4 Pengendalian pH

Pengendalian pH dalam pengolahan pangan basah merupakan aspek penting dalam menentukan kualitas, keamanan,

dan kestabilan produk pangan. pH atau disebut juga tingkat keasamaan berperan dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan perusak. Penambahan asam organik seperti asam sitrat atau asam laktat. Untuk mencegah pertumbuhan mikroba pada pangan semi basah, pH yang optimal umumnya

kurang dari 4,6. Mikroba umumnya berkembang baik pada pH 6-7, sedangkan bakteri bisa tumbuh mulai dari pH 4-7 (Waluyo, 2005).

7.5 Proses Pengeringan Parsial

Pengeringan parsial pada pengolahan pangan semi basah adalah proses pengurangan kandungan air dalam makanan untuk mencapai tingkat kelembapan tertentu. Proses ini membantu memperpanjang umur simpan produk dengan menghambat pertumbuhan mikroba, jamur, dan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan. Selain meningkatkan daya simpan, pengeringan parsial juga dapat mempengaruhi tekstur, rasa dan nilai gizi makanan. Pengeringan sebagian atau pengurangan kadar air dalam makanan semi basah dapat dilakukan pada suhu yang terkontrol, biasanya antara 40-60°C.

7.6 Pengemasan

Aktivitas air (aw) diartikan sebagai perbandingan antara tekanan uap air dalam larutan dengan tekanan uap air murni pada suhu yang sama. Faktor ini sangat penting dalam mengendalikan mikroorganisme, karena aktivitas dan ketahanan mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh aktivitas air (aw) dalam bahan tersebut, yang menunjukkan jumlah air bebas yang bisa digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh. Nilai aw yang rendah pada makanan semi basah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pengemasan adalah proses membungkus atau melindungi produk untuk memastikan keamanan, kualitas, dan integritasnya selama penyimpanan, pengangkutan, dan distribusi. Dapat dilihat dari kadungannya produk pangan semi basah termasuk pangan yang bersifat tahan lama, tetapi dengan adanya pengemasan dapat meningkatkan minat konsumen. Dalam pengemasan bahan pangan terdapat dua jenis kemasan yaitu kemasan primer dan kemasan sekunder. Kemasan primer yaitu kemasan yang bersentuhan langsung dengan produk, sedangkan kemasan sekunder kemasan yang tidak bersentuhan langsung dengan produk.

Kemasan primer yang akan digunakan harus bersifat non toksik dan tidak bereaksi dengan produk, sehingga tidak terjadi reaksi kimia yang dapat menyebabkan perubahan warna, citarasa maupun perubahan-perubahan lainnya dan reaksi kimia, sehingga membuat makanan semi basah lebih tahan lama.

7.7 Pengendalian Suhu

Suhu adalah faktor yang mempengaruhi perubahan kualitas makanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, semakin cepat laju reaksi berbagai senyawa kimia. Pengendalian suhu untuk pangan semi basah merupakan aspek penting dalam memastikan keamanan dan kualitas produk pangan. Pengolahan pangan semi basah memerlukan pengendalian suhu untuk keamanan dan kualitas produk.

Suhu yang perlu dikendalikan tergantung pada jenis produk pangan dan metode pengolahan. Suhu yang perlu diperhatikan pada pangan semi basah yaitu suhu penyimpanan, produk pangan semi basah disimpan pada suhu dingin 0 - 4°C untuk memperlambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang umur simpan. Suhu pengolahan terdiri dari suhu pemasakan dan pemanasan yang bertujuan untuk membunuh patogen dan mikroorganisme. suhu yang digunakan kisaran 70 - 100°C tetapi

tergantung pada jenis makanan dan metode pemasakannya. Pendinginan cepat, setelah proses pemanasan suhu produk harus segera diturunkan dibawah 5°C dalam waktu relatif singkat. Penyimpanan makanan semi basah harus dilakukan pada suhu yang rendah, biasanya di bawah 4°C untuk memperlambat pertumbuhan mikroorganisme dan enzim yang dapat merusak makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Guilbert S. 1986. Technology and application of edible protective films. Di dalam: Mathlouthi M, editor. Food Packaging and Preservation: Theory and Practice. London: Elsevier Appl Sci Publis. Co.
- Labuza, T.P. 1982. Open Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, West Port CT.
- Waluyo, L. 2005. Mikrobiologi Umum. Malang. Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Muchtadi, R.T dan Sugoyono. 2013. Prinsip Proses dan Teknologi Pangan. Alfabeta, Bandung.
- Wilna, I., Aji, J dan Muhammad, Z.F. 2024. Perbandingan Pengemasan Produk Pangan Olahan Semi Basah. Jurnal Halal, 6(1):50-56.
- Winarno, F. G. 2004. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka, Jakarta.

BAB 8

PRINSIP TEKNOLOGI EKSTRUSI

8.1 Pendahuluan

Proses ekstrusi adalah teknik plastisasi bahan pangan berprotein, bertepung, dan bahan pangan basah menggunakan campuran *shear* mekanik, panas, tekanan dan kelembaban dalam cetakan. Teknik pemasakan ekstrusi umumnya digunakan dalam bisnis makanan untuk sereal dan proses protein dan dalam industri pakan hewan piaraan dan ternak. Teknologi ekstruder telah mengalami kemajuan pada decade sebelumnya memungkinkan untuk pembuatan produk yang lebih kompleks, penciptaan rasa baru, enkapsulasi dan sterilisasi. Di sektor makanan, ekstrusi termoplastik disebut sebagai proses suhu tinggi waktu singkat (HTST) karena memungkinkan pembuatan berbagai macam produk makanan dan pakan dengan sedikit atau tanpa perubahan pada peralatan dasar dan manajemen proses yang tepat. Beras, gandum, jagung, dan kedelai telah menggunakan metode ini. Ekstruder dapat bekerja pada *shear* rendah, sedang atau tinggi berdasarkan bahan mentah yang digunakan dan kualitas yang dibutuhkan untuk produk jadi; biasanya ekstruder termoplastik digunakan pada *shear* tinggi.

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Shear rendah (ekstrusi dingin) digunakan dalam produksi pasta dan produk daging olahan, *shear* sedang digunakan dalam produksi daging analog dan beberapa pakan hewan piaraan, dan *shear* tinggi (ekstrusi termoplastik) digunakan dalam produksi makanan ringan yang dikembangkan, sereal pagi (*breakfast cereal*), dan *textured vegetable protein* (TVP).

Kualitas bahan baku dan keadaan operasional ekstruder adalah dua elemen terpenting yang menentukan atribut produk diekstrusi. Sebagai kunci utama dari bahan mentah adalah pH, komposisi kimia, kondisi fisik, kadar air, dan jenis bahan. Diameter cetakan, tekanan, suhu dan gaya geser dikendalikan oleh desain internal ekstruder dan panjang, serta geometri dan kecepatan rotasi, adalah faktor pengoperasian yang mungkin menjadi perhatian. Metode ekstrusi termoplastik memiliki keuntungan yaitu tinggi hasil produksi, harga murah, fleksibilitas, kualitas produk prima dan tidak ada limbah. Ekstrusi makanan adalah jenis ekstrusi yang digunakan dalam pengolahan makanan dimana campuran bahan mentah didorong melalui celah atau die/cetakan dengan pola makanan tertentu dan kemudian dipotong sesuai ukuran dengan pisau. Ekstruder adalah mesin yang mendorong campuran melewati cetakan dan campuran diketahui sebagai ekstrudat.

Ekstruder terbuat dari sekrup yang besar dipasang dengan tepat ke dalam tong stasioner dan memiliki cetakan diujungnya yang membentuk hasil yang mengembang dan diinginkan. Persiapan makanan pada suhu yang tinggi menimbulkan kesulitan dalam industri pengolahan pangan, karena suhu tinggi menyebabkan makanan kehilangan kandungan nutrisi. Berbeda dengan makanan tradisional, ekstrusi makanan disarankan untuk mencegah hal tersebut karena waktu prosesnya singkat, retensi nutrisi cukup besar, dan produktivitas yang tinggi. Pemasakan ekstrusi adalah teknik *high temperature short time* (HTST) untuk mengurangi kontaminasi mikroba dan menonaktifkan enzim dalam makanan. Ekstrusi menyebabkan gelatinisasi pati, denaturasi protein, oksidasi lemak berkurang dan faktor antinutrisi dapat dikurangi. Selain itu, fleksibel, biaya rendah dan teknologi pengolahan pangan yang efisiensinya tinggi yang mampu memberikan manfaat luas pada berbagai produk bernilai tambah yang kaya akan nutrisi.

Ekstrusi adalah teknologi pengolahan makanan modern yang digunakan untuk membuat berbagai macam makanan sehingga dihasilkan produk dengan karakteristik yang lebih bervariasi (bentuk, tekstur, penampakan dan rasa). Makanan yang diekstrusi mengandung lebih sedikit kelembapan dan bergizi padat, aman secara mikrobiologis dan mempunyai umur simpan lebih lama.

8.2 Prinsip Proses Ekstrusi

Bahan mentah dimasukkan ke dalam *hopper* ekstruder dan berada diantara ulir putar (*screw*) dan barrel dan mengalami proses pemanasan. Bahan ditekan pada cetakan/*die* dihasilkan ekstrudat dengan bentuk tertentu. Ulir menekan bahan menjadi massa semi padat dan plastis maju lebih dalam ke barrel. Pemasakan ekstrusi (atau panas ekstrusi) terjadi ketika makanan dimasak dengan suhu di atas 100° C. Suhu meningkat dengan cepat akibat gesekan panas dan pemanasan ekstra. Makanan tersebut kemudian dipindahkan ke barrel dimana tekanan dan geseran semakin meningkat karena adanya hentakan kecil dari bahan. Akhirnya, ketika makanan muncul di bawah tekanan dari cetakan menjadi mengembang hingga mencapai keadaan akhir dan mendingin secepat uap air yang dikeluarkan sebagai uap melalui satu atau lebih cetakan terbatas pada ujung barel. Proses pemasakan dapat mengakibatkan semua bahan tercampur dan memicu terjadinya reaksi kimia akibat tingkat pemotongan yang tinggi serta suhu dalam ulir. Reaksi kimia yang terjadi selama proses ekstrusi yaitu gelatinisasi molekul pati, pemecahan protein dan pembentukan senyawa flavour. Prinsip dasar ekstrusi yaitu pembentukan granula kecil makanan atau partikel bubuk menjadi potongan besar. Parameter yang perlu diperhatikan selama pengoperasian yaitu tekanan, suhu, diameter, *die* dan rata-rata potongan.

Beberapa contoh bentuk produk ekstrusi yang biasa dibuat adalah bentuk kerang, donat, strip, bola, batang, dan tabung. Makanan siap saji (RTE, *ready to eat*) sereal dan makanan ringan dengan kepadatan rendah merupakan beberapa item yang khas. Makanan seperti pasta dan produk daging dicampur dan dibentuk menggunakan ekstrusi dingin, dimana suhu item tetap konstan. Pakan hewan, surimi dan pasta ikan semuanya dibuat dengan ekstrusi tekanan rendah pada suhu di bawah 100° C.

8.3 Kategorisasi Ekstruder

Ekstruder adalah mesin yang digunakan untuk proses ekstrusi. Homogenisasi atau pencampuran, pengecilan ukuran, pembentukan, dehidrasi, pasteurisasi, pemasakan panas, inaktivasi enzim, teksturisasi, denaturasi protein, dan *shearing* adalah beberapa unit aktivitas yang mungkin dilakukan oleh ekstruder makanan secara bersamaan. Ekstruder terdiri dari lima komponen dasar:

a. Sistem pra-pengondisian

Uap atau air digunakan untuk pra-kondisi dan pencampurannya dilakukan dengan tangan. Ini digunakan ketika tingkat kelembaban kurang lebih 20-30%, dan bahan tersebut mempunyai masa tinggal yang lama. Pengondisian awal mendorong hidrasi partikel yang konsisten,

menurunkan periode retensi di dalam ekstruder, dan meningkatkan hasil, sekaligus memperpanjang umur peralatan dan menurunkan biaya energi.

b. Sistem Pemberian Umpan

Untuk proses ekstrusi yang efektif dan konsisten, bahan mentah yang dimasukkan ke dalam ekstruder harus terus menerus dan konstan.

c. Ulir

Ulir membawa bahan ke dalam ekstruder, yang memotong bahan dan menjamin kualitas produk jadi. Ulir ekstruder mempengaruhi terjadinya denaturasi protein, dekstrinisasi dan gelatinisasi pati, serta tingkat pemasakan, tetapi juga menjamin kualitas produk akhir. Ulir yang digunakan dapat dalam bentuk tunggal atau ganda. Jumlah dan bentuk komponen ulir mungkin berbeda dan setiap segmen memiliki peran yang unik. Komponen tertentu hanya mengangkat bahan atau yang telah dikondisikan sebelumnya ke dalam ulir ekstruder, sedangkan yang lain memadatkan dan menghilangkan gas bahan bakunya. *Shear*, aliran balik, dan pengadukan semuanya harus ditingkatkan.

d. *Barrel*

Ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu memberikan umpan/*feeding*, menguleni/*kneading* dan *barrel* yang sering

kali diberi jaket untuk memungkinkan sirkulasi minyak atau uap super panas untuk pemanasan dan udara atau air untuk mendinginkan, sehingga memungkinkan kontrol suhu yang tepat pada bagian-bagian ekstruder yang berbeda.

e. Mekanisme pemotongan dan cetakan

Cetakan memiliki dua fungsi utama, membentuk produk akhir dan meningkatkan resistensi aliran bahan di dalam ekstruder yang menyebabkan peningkatan tekanan internal. Cetakan dapat dalam berbagai bentuk desain dan ukuran, serta berbagai jumlah lubang. Mekanisme pemotongannya harus sesuai produk akhir dengan ukuran seragam. Ukuran produk ditentukan oleh kecepatan putaran mata pisau pemotong. Mekanisme ini bisa dilakukan secara horizontal atau vertikal.

Berdasarkan kategorinya metode pengoperasian ekstruder dibagi menjadi ekstruder dingin dan ekstruder panas. Sedangkan berdasarkan konstruksinya metode ekstruder terbagi menjadi ekstruder ulir tunggal dan ekstruder ulir ganda. Ekstrusi panas umumnya terdiri dari mengubah bahan mentah secara termomekanis dalam waktu singkat dan suhu tinggi (HTST) kondisi tekanan rendah. Hal ini digunakan terutama untuk menghasilkan makanan bertekstur dan produk pakan, misalnya sereal sarapan siap saji, makanan ringan dan lain-lain. Ekstrusi dingin digunakan untuk

mencampur dan membentuk adonan dengan lembut tanpa pemanasan langsung atau pemasakan di dalam ekstruder. Dalam pengolahan pangan, ini terutama digunakan untuk memproduksi pasta.

Ekstruder ulir tunggal berisi satu ulir berputar di dalam logam barel. Ulir tunggal yang paling umum digunakan memiliki nada konstan dan dalam pola yang berbeda-beda. Bahan mentah diumpankan dari *hopper* yang terletak di bagian umpan dan ulir yang berputar membawa bahan ke bagian transisi. Di bagian transisi, saluran ulir menjadi lebih dangkal dan bahan yang dipadatkan menghasilkan peningkatan suhu. Pati tergelatinisasi, dan bahan menjadi kohesif. Ini diangkut lebih jauh ke bagian pengukuran dan didorong melalui bukaan cetakan. Sedangkan ekstruder ulir ganda, terdiri dari dua ulir parallel dengan panjang yang sama dan diputar ke dalam barel yang sama, biasanya permukaan bagian dalam barel dari ekstruder ulir ganda lebih halus. Ini lebih rumit dibandingkan ekstruder ulir tunggal, memberikan lebih banyak fleksibilitas dan kontrol yang lebih baik. Ekstruder ulir ganda digunakan untuk ekstrusi kelembaban tinggi, produk yang mengandung jumlah komponen yang lebih tinggi seperti serat, lemak, dan sebagainya. Bergantung pada posisi ulir dan arah rotasi nya secara langsung, terdapat empat konfigurasi berbeda kemungkinannya yaitu (i) ulir intermeshing yang berputar bersama;

(ii) ulir rotasi bersama yang tidak saling menyambung; (iii) ulir yang berputar balik; (iv) ulir non-intermeshing yang berputar berlawanan.

8.4 Bahan Baku atau Bahan yang Digunakan dalam Ekstrusi

Proses memasak ekstrusi mencakup berbagai kombinasi bahan termasuk sereal, biji-bijian, pati dan umbi-umbian, minyak biji-bijian, kacang-kacangan sereal serta daging dan protein. Ciri-ciri utama bahan baku pemasakan ekstrusi adalah jenis bahan, kondisi fisik, kelembaban, pH dan komposisi kimia (jumlah dan jenis pati, protein, lemak dan gula) dari bahan tersebut. Bahan mentah yang sering digunakan dalam ekstrusi pangan adalah dalam bentuk padat. Sebagian besar produk, seperti makanan ringan, sereal sarapan, dan biskuit dibentuk dari pati, sedangkan protein digunakan menghasilkan produk yang mempunyai ciri-ciri seperti daging dan digunakan baik sebagai pengganti daging secara penuh atau sebagian makanan siap saji, makanan kering dan banyak produk pakan hewan.

Pengaruh ekstrusi pada sifat fisiko-kimia

(i) Perubahan parameter fisik

Perubahan warna produk mungkin disebabkan oleh pencoklatan non-enzimatik melalui reaksi maillard antara protein dan gula

pereduksi yang terjadi akibat suhu tinggi. Kondisi proses yang digunakan dalam pemasakan ekstrusi suhu barrel tinggi dan kelembaban rendah mendukung reaksi maillard dan juga menurunkan ketersediaan nutrisi dari lisin. Peningkatan kandungan protein pada kadar air pakan konstan menyebabkan kerapuhan, kekerasan, dan kerenyahan meningkat tetapi menurunkan intensitas warna.

(ii) Perubahan komposisi

Ekstrusi mengakibatkan perubahan komponen kimia makanan. Perubahan tersebut meliputi:

a. Serat makanan

Buah dan sayuran mengandung serat makanan (DF) dalam jumlah besar yang bermanfaat bagi aktivitas fisiologis manusia dengan menurunkan kadar kolesterol, mengurangi hiperlipidemia dan hipertensi dan menjaga kesehatan saluran cerna. DF pada sayur-sayuran dan buah-buahan mempunyai rasio serat makanan tak larut/ serat makanan larut (IDF/SDF) yang lebih tinggi. SDF lebih efektif daripada IDF dalam pemeliharaan kesehatan sistemik. Teknologi ekstrusi berhasil diterapkan pada jeruk pomace untuk meningkatkan fraksi SDF-nya di bawah kondisi optimal. Peningkatan kadar SDF dalam ekstrusi terutama diperankan oleh redistribusi IDF ke SDF, yang kemungkinan disebabkan oleh

modifikasi struktur dinding sel selama ekstrusi, dimana degradasi IDF umumnya terjadi.

b. Protein

Perubahan kecepatan ulir selama ekstrusi menyebabkan variasi gaya geser yang memainkan peran penting dalam mengubah nilai gizi bahan berprotein. Perilaku agregasi molekul dan ikatan silang kimia protein kedelai pada kondisi kadar air rendah dan kadar air tinggi terjadi selama ekstrusi. Hasil menunjukkan bahwa, interaksi hidrofobik, ikatan hidrogen, disulfida dan interaksinya secara kolektif memegang struktur protein ekstrudat terlepas dari lokasi dan tingkat kelembaban dalam ekstruder dan kontribusi ikatan non-kovalen selama proses juga melebihi ikatan kovalen untuk menghasilkan perubahan. Denaturasi protein pada suhu tinggi selama proses ekstrusi menginaktivasi faktor antinutrisi (seperti faktor antitripsin, lektin, dan lain-lain) dan meningkatkan daya cerna. Ekstrusi protein kedelai mengurangi senyawa volatil yang tidak diinginkan dan rasa pahit. Pengeringan suhu tinggi telah terbukti menurunkan daya cerna protein dan bioavailabilitas lisin.

c. Karbohidrat

Selama proses ekstrusi, pati mengalami berbagai perubahan struktur termasuk gelatinisasi, melting, fragmentasi dan tingkat transformasi bergantung pada tekanan, suhu, kadar air dan gaya

geser. Pengendalian gula selama ekstrusi sangat penting untuk nutrisi dan kualitas sensori produk. Kehilangan gula di dalam ekstrusi dan dapat dijelaskan berdasarkan konversi sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa (gula pereduksi) dan kehilangan gula pereduksi selama reaksi maillard dengan protein. Destruksi dari flatulensi yang disebabkan oleh oligosakarida penyebab perut kembung mungkin dapat memperbaiki kualitas nutrisi produk kacang-kacangan yang diekstrusi.

d. Lemak

Perubahan sifat fisikokimia lemak selama ekstrusi bersifat kompleks dan bervariasi dengan keseimbangan hidrolipofilik lemak, jumlah, jenis dan bahan yang sedang diekstrusi. Hal ini disebabkan oleh pengikatan lemak dengan pati. Suhu yang tinggi menurunkan faktor-faktor yang mendukung pengembangan asam lemak bebas dan oksidasi asam lemak karena penurunan aktivitas lipase dan lipoksigenase.

e. Mineral dan vitamin

Pemasakan ekstrusi mempunyai pengaruh signifikan terhadap stabilitas vitamin dalam makanan ringan yang diekstrusi misalnya pakan rendah kelembaban dan suhu barel yang lebih tinggi dapat menyebabkan hilangnya asam askorbat. Ekstrudat yang diperoleh dari barel pendek (90 mm) memiliki laju retensi yang lebih tinggi untuk kelompok vitamin B (44-62%) dibandingkan dengan 20%

ekstruder barel panjang. Stabilitas vitamin larut lemak seperti vitamin A dan E juga dipengaruhi oleh suhu tinggi, pemasakan ekstrusi dalam waktu pendek.

f. Antinutrisi

Kualitas nutrisi campuran kacang-kacangan dan sereal bisa jadi dibatasi oleh adanya antinutrisi seperti asam fitat, asam tanat, tripsin inhibitor yang menghambat daya cerna protein. Proses ekstrusi menyebabkan penurunan yang signifikan dari kandungan asam fitat berkisar antara 40,64% hingga 46,07% dan kandungan asam tanat berkisar antara 40,46% hingga 44,88% dari buncis kupas dengan campuran jagung.

g. Antioksidan dan kadar total fenol

Antioksidan adalah zat yang mencegah oksidasi molekul khususnya lemak dan makanan yang mengandung lemak. Aktivitas antioksidan pada sebagian besar makanan terutama disebabkan oleh senyawa fenolik. Proses ekstrusi menyebabkan peningkatan secara signifikan dari total fenol dan antioksidan ekstrudat masing-masing sebesar 1,92-7,94% dan 1,07-5,55%. Hal ini mungkin disebabkan oleh peningkatan pelepasan senyawa bioaktif dari matriks dinding sel karena proses ekstrusi sehingga dapat diakses selama ekstraksi.

8.5 Aplikasi Teknologi Ekstrusi

Teknologi ekstrusi diterapkan dalam industri pengolahan makanan untuk produksi pangan ekstrusi yang dikonsumsi manusia, pakan hewan peliharaan dan nilai tambah dari sisa makanan dan produk samping. Ekstrusi menghadirkan teknologi ekonomis untuk menggabungkan kembali produk sampingan dan residu pengolahan makanan ke dalam aliran makanan.

- (i) **Produk Konsumsi Manusia:** Digunakan dalam produksi berbagai macam produk seperti makanan ringan, sereal sarapan, daging analog, keju, makanan tambahan, makanan bayi dan makanan bertekstur lainnya

Produk konvensioneri

Pemasakan ekstrusi (HTST) digunakan untuk menghasilkan makanan yang kenyal dan produk tergelatinisasi seperti permen karet buah dan likoris, dari campuran gula, glukosa dan pati. Panas gelatinisasi pati, melarutkan gula dan menguapkan kelebihan air yang dibuang dari mesin. Pewarna dan rasa ditambahkan ke bahan plastis dan setelah dicampur, didinginkan dan diekstrusi. Tekstur produk dapat disesuaikan dari mulai lembut hingga elastis dengan kontrol atas formulasi dan kondisi proses, bentuknya dapat diubah dengan mengganti cetakan, berbagai rasa dan warna dapat

ditambahkan. Kombinasi yang berbeda memungkinkan hasil yang sangat besar dalam berbagai produk potensial, termasuk likoris, manisan, krim, *toffee*, *fudge* dan coklat, masing-masing diproduksi oleh peralatan yang sama.

Sereal sarapan

Sereal sarapan tersedia dalam dua jenis, siap santap kondisi dingin dan sereal panas (sereal tradisional). Untuk mengurangi waktu persiapan di rumah, teknologi sereal sarapan telah tersedia dari prosedur penggilingan biji-bijian untuk sereal panas membutuhkan beberapa pemasakan, hingga metode pengolahan yang lebih canggih untuk pembuatan produk ekstrusi RTE, yang sangat nyaman. Sereal RTE biasanya dimasak dan dimodifikasi dengan *flaking* (pembentukan *flake*), pemanggangan, pengembangan (*puffing*), perobekan (*shredding*) atau ekstrusi.

Daging tiruan

Daging tiruan juga disebut sebagai daging substitusi, *mock meat*, *faux meat* atau *imitation meat*, mendekati kualitas estetika dan karakteristik kimia spesifik jenis daging tertentu. *Textured vegetable protein* (TVP) umumnya adalah produk nabati olahan yang dapat digunakan sebagai pengganti daging dalam penyajian makanan. TVP diproduksi menggunakan ekstrusi panas dari protein kedelai yang dihilangkan lemaknya

(*defatted*), menghasilkan pengembangan yang tinggi dari potongan protein, nugget, dan bentuk lainnya, Dimana protein yang terdenaturasi memberikan tekstur TVP yang mirip dengan daging. TVP yang berserat, tidak larut, dan berpori dapat menyerap air atau cairan lainnya yang merupakan kelipatan dari berat awalnya. Protein kedelai bertekstur (TSP) diproses untuk memberikan struktur dan menyerupai daging, makanan laut atau unggas ketika terhidrasi. Produk protein kedelai menjadi semakin populer karena harganya murah, kualitas gizinya tinggi, dan sifat fungsionalnya serbaguna.

(ii) **Nilai tambah pada sisa makanan dan produk sampingannya**

Limbah pengolahan makanan mencakup semua sisa makanan yang tertinggal dari berbagai proses operasi. Residu pengolahan termasuk yang dihasilkan dari buah-buahan dan sayuran olahan, produk susu dan daging, biji-bijian giling dan produk roti, gula dan produk konvensioneri, pengolahan lemak dan minyak, minuman dan bermacam-macam residu penyiapan makanan lainnya. Produk sampingan ini sangat berharga sebagai sumber antioksidan, asam lemak esensial, serat makanan, mineral, vitamin, dan fitokimia termasuk polifenol, karotenoid, fitosterol, dan hesperidin. Dengan banyaknya kelebihan yang dimiliki pemasakan ekstrusi dalam

menangani beragam bahan makanan pada biaya rendah, beberapa industri produk samping dan residu industri ini menemukan aplikasi yang berguna dalam produk ekstrusi. Berbagai macam makanan ekstrusi telah dikembangkan menggunakan produk sampingan dari industri makanan, dan bahan-bahan ini secara alami mempengaruhi tekstur, fungsional, sensori, fisik, dan karakteristik nutrisi produk. Proses ekstrusi adalah alat yang berguna untuk penanganan bahan mentah yang beragam dan menyediakan sarana yang berguna sumber nutrisi tidak konvensional, kurang dimanfaatkan dan residu proses makanan yang dimasukkan ke dalam sistem pangan. Sereal yang kurang dimanfaatkan, pseudo-sereal dan bahan pangan yang menunjukkan nilai ekonomi atau proses yang rendah telah berhasil diintegrasikan ke dalam pasar konsumen. Beberapa sisa buah dan sayuran serta produk sampingnya telah digunakan untuk mengembangkan makanan yang diekstrusi termasuk kulit tomat dan biji, limbah pulp nanas, dan wortel pomace.

(iii) **Pakan hewan piaraan dan hewan ternak**

Ekstrusi juga digunakan untuk menyiapkan pakan hewan semi basah dan kering, pakan ikan, dan pakan untuk hewan coba. Sedangkan pakan kucing dan anjing diekstrusi langsung dan

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

dikeringkan. Pakan ikan hias bermutu tinggi lengkap untuk menjaga kesehatan, pakan untuk spesies eksotik di akuarium juga dapat dibuat dari proses ekstrusi. Hal ini memungkinkan pemanfaatan yang baik terhadap ketersediaan biji sereal, protein nabati dan hewani.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal S, Chauhan ES. 2019. Extrusion processing: The effect on nutrients and based products. *The Pharma Innovation Journal*, 8, 4, 464-470
- Akhtar J, Malik S, Alam MA, Student MT, Allahabad S. 2015. Extrusion technology used for novel Foods Production. *International Journal of Engineering Development and Research*, 3, 1-7.
- Alam S, Kumar S. 2014. Optimization of extrusion process parameters for red lentil-carrot pomace incorporated ready-to-eat expanded product using response surface. *Food Science and Technology*, 2,106-119.
- Altan, A, Maskan M. 2016. Development of Extruded Foods by Utilizing Food Industry By-Products. In: *Advances in Food Extrusion Technology*. Boca Raton: CRC Press.
- Athar N, Hardacre A, Taylor G, Clark S, Harding R, McLaughlin J., 2006. Vitamin retention in extruded food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4):379-383.
- Camire, ME. 2000. Chemical and Nutritional Changes in Food During Extrusion. In: *Extruders in Food Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Chen FL, Wei YM, Zhang B. 2011. Chemical cross-linking and

- molecular aggregation of soybean protein during extrusion cooking at low and high moisture content. *LWT Food Science and Technology*, 44, 957-962.
- Devi BK, Kuriakose SP, Krishnan AVC, Choudhary P, Rawson A. 2016. Utilization of by-product from tomato processing industry for the development of new product. *Journal of Food Processing and Technology*, 7, 608.
- Fellows, P. 2000. *Food Processing Technology: Principles and Practice* (2nd ed.) Boca Raton: CRC Press.
- Guy, R. 2001. *Extrusion Cooking Technologies and Application*. Boca Raton Boston New York Washington, DC.
- Ilo S, Schoenlechner R, Berghofe E. 2000. Role of lipids in the extrusion cooking processes. *Grasas y Aceites*, 51, 97-110.
- Joshi VK, Kumar S. 2015. Meat analogues: Plant based alternatives to meat products. *International Journal of Food Fermentation and Technology*, 5, 2, 107-119,
- Kendall CWC, Esfahani A, Jenkins DJA. 2010. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24, 42-48.
- Kothakota A, Jindal N, Thimmaiah B. 2013. A study on evaluation and characterization of extruded product by using various byproducts. *African Journal of Food Science*, 7, 485-497.
- Maurya AK, Said PP. 2014. Extrusion Processing on Physical and Chemical Properties of Protein Rich Products. *Journal of*

- Bioresources Engineering and Technology, 2, 61-67
- Petitot M, Abecassis J, Micarda V. 2009. Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. Trends in Food Science and Technology, 20, 521-532.
- Rao RGH, Thejaswini LM. 2015. Extrusion technology: a novel method of food processing. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, 2, 358-369
- Riaz, MN. 2000. Introduction to extruders and their principles. In: Extruders in food applications. Boca Raton: CRC Press.
- Sadler MJ. 2004. Meat alternatives- market developments and health benefits. Trends in Food Science and Technology, 15, 5, 250-260.
- Shilev S, Naydenov M, Vancheva V, Aladjadjian A. 2006. Composting of food and agricultural wastes. In: Utilization of Byproducts and Treatment of Wastes in the Food Industry, 283-302.
- Singh S, Gamlath S, Wakeling L. 2007. Nutritional aspects of food extrusion: a review. International Journal of Food Science and Technology, 42, 916-929.
- Steel, C., Leoro, M., Schmiele, M., Ferreira, R., and Chang, Y. 2012. Thermoplastic extrusion in food processing. In: Thermoplastic Elastomers, 265-284.

Tiwari U, Cummins E. 2009. Nutritional importance and effect of processing on tocols in cereals. Trends in Food Science and Technology, 20, 511-520.

Varsha KR, Pavani S. 2016. Protein enriched ragi flakes. Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology, 4, 13-33.

BIODATA PENULIS



Dr. Sarifah Nurjanah, M.App.Sc., IPM ASEAN Eng.

Dosen Program Studi Teknik Pertanian

Fakultas Teknologi Industri Pertanian

Universitas Padjadjaran

Penulis lahir di Yogyakarta, 14 Oktober 1967. Menyelesaikan studi S1 di Institut Pertanian Bogor pada Fakultas Teknologi Pertanian, S2 di University of New South Wales, Sydney, Australia, pada Department of Applied Science dan menyelesaikan studi S3 di Institut Pertanian Bogor pada Fakultas Teknologi Pertanian. Penulis menjadi dosen pada Universitas Padjadjaran sejak tahun 1993 sampai saat ini pada program S1, S2, dan S3, dengan mata kuliah yang diampu di antaranya adalah Karakteristik Bahan Hasil Pertanian, Satuan Operasi, Teknik Pascapanen dan Teknologi

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Perkebunan. Beberapa buku yang telah ditulis adalah Karakteristik Bahan Hasil Pertanian, Fraksinasi Guaiene dari Minyak Nilam, dan Bunga Rampai Minyak Atsiri Indonesia Jilid I. Penulis juga menjadi konsultan pada beberapa industri. Selain itu penulis aktif dalam beberapa organisasi profesi yaitu PERTETA (Perhimpunan Teknik Pertanian), PII (Persatuan Insinyur Indonesia), DAI (Dewan Atsiri Indonesia) dan ISHC (International Society of Horticultural Science).

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: sarifah@unpad.ac.id

BIODATA PENULIS



Kavadya Syska, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

Penulis lahir di Palembang tanggal 19 Oktober 1979. Saat ini penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap per November 2023. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Palembang dan melanjutkan S2 pada Program Studi Teknologi Pasca Panen Institut Pertanian Bogor. Saat ini penulis sedang menempuh jenjang doktoral pada Program Studi Ilmu Pangan Institut Pertanian Bogor. Mulai berkarier sebagai Dosen pada tahun 2016 pada Program Studi Teknologi Pangan Universitas Nahdlatul

Ulama Purwokerto (UNU Purwokerto). Matakuliah yang diampu khususnya pada bidang teknologi pangan yaitu biokimia pangan, rekayasa pangan, pangan fungsional, evaluasi sensori, kimia pangan, analisis pangan, teknologi penyimpanan dan pengemasan, dan teknologi pengolahan pangan. Selain itu, aktif dalam penelitian di bidang teknologi pangan dengan pendekatan inovatif untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan keamanan pangan seperti pada kopi specialty, pangan fungsional berbasis purwoceng, beluntas, serta *plant based food* lainnya, serta kajian *green manufacturing* di UMKM pangan bersumber pada pendanaan dari DRTPM, institusi internal, kerjasama industri, sampai *Matching Fund* Kemdikbudristek. Diseminasi teknologi ke masyarakat dilakukan bekerja sama dengan beberapa kelompok UMKM gula kelapa, kopi, jagung, serta pemerintah daerah dan desa untuk pendampingan dan memperkenalkan metode, teknologi, dan produk baru yang dihasilkan melalui pengembangan inovasi produk pangan. Pengalaman dalam pengembangan institusi sebagai Ketua Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, UNU Purwokerto 2 Periode (2018-2022 dan 2022-2023), Senat Universitas (2018–2022), Senat Fakultas (2018-2022 dan 2022-2023), serta kegiatan ad hoc lainnya di level fakultas dan universitas, serta lembaga di luar kampus (PATPI, ADN, dan PII). Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: syska.kavadya@gmail.com

BIODATA PENULIS



Nurud Diniyah, S.TP., M.P., Ph.D

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Penulis lahir di Tuban tanggal 19 Februari 1982. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang dan melanjutkan S3 pada department of Food Science and Biotechnology di Kyungpook National University, Korea. Penulis menekuni bidang biokimia pangan.

Dalam bidang pengajaran, penulis aktif mengampu beberapa mata kuliah seperti Pengetahuan Bahan dan Fisiologi Pasca Panen, Gizi Manusia, Analisis Mutu Pangan, Biokimia, Teknologi Pencampuran

dan Ekstrusi, Teknologi Pengolahan Produk Derivat dan mata kuliah lain nya.

Selama 15 tahun terakhir, penulis berhasil mendapatkan penghargaan baik dari pemerintah, asosiasi maupun institusi. Diantaranya yaitu mendapatkan tanda kehormatan Satyalancana Karya Satya 10 tahun dari Presiden RI tahun 2023; juara 3 pada kolokium lomba dosen dalam kategori bidang saintek Universitas Jember tahun 2023; Insentif Pembantu Rektor 1 UNEJ untuk beberapa artikel yang terbit (terakreditasi) tahun 2012, 2018, dan 2019; dalam seminar nasional asosiasi PATPI (Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia) mendapatkan penghargaan artikel ilmiah terbit dalam jurnal nasional terakreditasi DIKTI (Teknologi Pengolahan Gula Coklat Cair Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) – Jurnal Teknologi dan Industri Pangan; mendapatkan kesempatan kursus Bahasa Jerman – Goethe Institute Bandung oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan pada tahun 2011-2012; melakukan academic mobility exchange di Prefectural University of Hiroshima, Japan selama 1 bulan tahun 2017 dengan pendanaan kegiatan non-degree training program IsDB; mendapatkan beasiswa S3 ke Kyungpook National University, Korea dari IsDB tahun 2018; summer program dalam water management system, Daejeon South Korea oleh K-Water (Korea-Water) and UNESCO i-WSSM pada tahun 2020; mendapatkan penghargaan artikel ilmiah berkualitas

tinggi bidang Kesehatan dan Obat oleh RISTEK-BRIN (Antioxidant potential of non-oil seed legumes of Indonesian's ethnobotanical extracts) tahun 2020; sebagai reviewer pada jurnal terindeks scopus (Q1) yaitu Arabian Journal of Chemistry; dan beberapa jurnal terindeks kemenristekdikti (SINTA) seperti jurnal AGRITECH UGM (SINTA 2); jurnal Agroteknologi FTP UNEJ (2021-2022); warta LPMP UMS (SINTA 3) tahun 2021-2022; jurnal Pangan dan Agroindustri UB (SINTA 4) tahun 2022; reviewer proceeding Earth and Environmental Science pada International Conference on Green Agroindustry Bioeconomy (ICGAB), Faculty of Agricultural Technology, Universitas Brawijaya tahun 2021-2023. Lebih dari 50 artikel ilmiah yang telah ditulis, 20 project penelitian serta 35 pengabdian Masyarakat yang telah dilakukan.

Selama berkarier di UNEJ, penulis pernah menjabat sebagai KaLab Pengendalian Mutu Hasil Pertanian FTP UNEJ periode 2023-2027, KaLab Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian FTP UNEJ 2023, KaLab Mikrobiologi Pangan dan Hasil Pertanian FTP UNEJ 2021-2023, Sekertaris Komisi Bimbingan Jurusan THP FTP UNEJ 2009-2017, aktif menjadi beberapa tim taskforce KSKI-MBKM Prodi THP 2021, pendirian S2 Magister Teknologi Pangan 2021, pemeringkatan UNEJ 2021-2023, PKM UNEJ 2014-2017 dan 2020-2023; penyusunan SOP/POB Keamanan Hayati dan Penanganan Limbah Gedung Laboratorium IsDB UNEJ 2021; pengelola Gedung

TEKNOLOGI TEPAT GUNA DAN TEKNOLOGI TERAPAN

Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology 2021, akreditasi prodi THP 2017, 2021-2023; anggota panitia pemilihan Dekan FTP 2017; anggota profesi PATPI (Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia) 2009-sekarang; bendahara Cabang Jember PATPI 2010-2018; dan redaksi pelaksana jurnal Agroteknologi FTP UNEJ 2009-2017.

Selain sebagai dosen, penulis juga aktif dalam kegiatan berbagai organisasi sosial dan kemasyarakatan seperti menjadi anggota Persatuan Pelajar Indonesia (PPI) di Korea, Asosiasi Peneliti Indonesia di Korea (APIK), Masyarakat Singkong Indonesia (MSI), Kemuslimahan Masjid Al Amin, Daegu Korea

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nurud.ftp@unej.ac.id

BIODATA PENULIS



Prof.Dr.Ir. I Ketut Budaraga,M.Si.CIRR

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas
Pertanian Universitas Ekasakti.

Prof. Dr. Ir. I Ketut Budaraga, MSi. CIRR lahir di Desa Bulian Kecamatan Kubutambahan Kabupaten Buleleng Provinsi Bali pada tanggal 22 Juli 1968. Menamatkan SD No.1 Bulian tahun 1982, SMP 1 Singaraja tahun 1984. SMA Lab Unud Singaraja tahun 1987. Melanjutkan ke Fakultas Pertanian Universitas Mataram tahun 1987 dan tamat 1992. Melanjutkan pendidikan S2 tahun 1995 Ke Pasca sarjana program studi Teknik Pasca Panen IPB tamat 1998. Diberikan kesempatan lanjut ke S3 Ilmu pertanian tamat tahun

2016. Diangkat sebagai Dosen PNSD di Kopertis Wilayah X Padang di tempatkan di Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Pernah menjabat mulai wakil Wakil dekan III Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti, Wakil Dekan 1 Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti, Dekan Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti, sekarang diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Ekasakti. Terhitung mulai tanggal 1 Agustus 2023 diberikan kepercayaan oleh pemerintah menjadi guru besar bidang ilmu Teknologi Pengolahan. Punya semboyan hidup kembali ke alam (*back to nature*), banyak kajian-kajian yang sudah dipublikasi di jurnal Internasional terindeks scopus, jurnal nasional terindeks sinta seperti pemanfaatan hasil samping kelapa menjadi produk yang memiliki nilai tambah, penggunaan pengawet alami asap cair pada pengolahan pangan, serta pengolahan pangan yang lain seperti pengolahan pisang, pembuatan keju cottage dengan penggumpal alami. Selama ini sudah pernah memperoleh paten sederhana pada tahun 2010 tentang kompor briket tahan panas, Pada tahun 2022 memperoleh paten sederhana berjudul Keju Cottage Dari Susu Sapi Dengan Penambahan Belimbing Wuluh.

Informasi lebih lanjut bisa menghubungi email iketutbudaraga@unespadang.ac.id.

BIODATA PENULIS



Gusti Setiavani

Dosen Program Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan
Politeknik Pembangunan Pertanian Medan

Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan Jurusan Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian Medan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian, melanjutkan S2 pada Program studi yang sama di kampus yang berbeda, pendidikan S3 diselesaikan pada Program Studi Ilmu Pangan IPB University. Penulis menekuni bidang Menulis. Beberapa buku kolaborasi yang telah dihasilkan diantaranya; Teknologi Fermentasi, Keamanan Pangan Produk Perikanan, Pelabelan Halal, Pengawasan Mutu dan

Teknologi Hasil Ternak, Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Teknologi Pengolahan Serelia dan Legum, Teknologi Penanganan dan Pengolahan Hasil Pertanian, dan Keamanan Pangan Produk Perikanan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: Yuliani@gmail.com

BIODATA PENULIS



Endang Verawati, S.TP., M.Si

Dosen Program Studi Agribisnis Pangan Jurusan Rekayasa
Teknologi dan Bisnis Pertanian Politeknik Negeri Sriwijaya

Penulis lahir di Kelapa Dua tanggal 13 September 1990. Nama orang tua Bapak Aliman, S.Pd., M.Pd dan Ibu Kamini, sebagai anak ke dua dari tiga bersaudara. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi Teknologi Pangan dan melanjutkan S2 pada Program Studi Agribisnis BKU Ilmu dan

Teknologi Pangan. Penulis menekuni bidang Menulis. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: endang09verawati@gmail.com