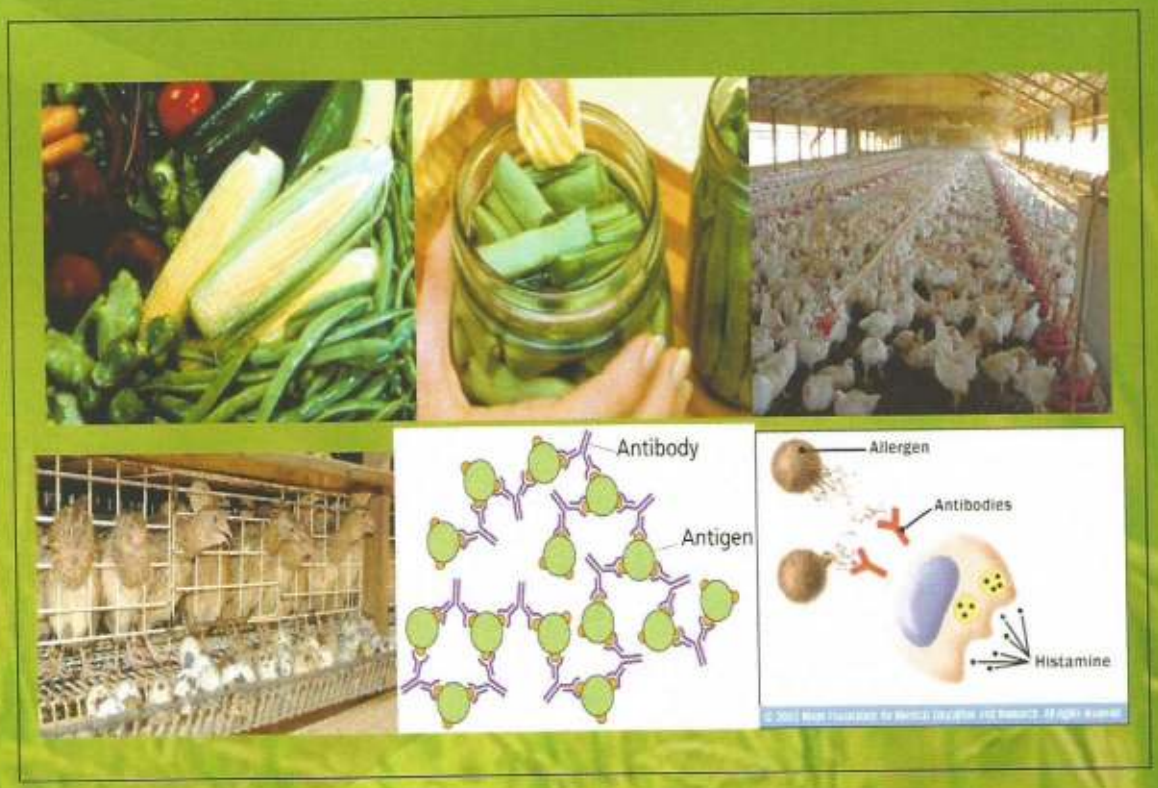
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN



Oleh

Dr. Ir. Wardah, MP., MM
Dr. Ir. Tatang Sopandi., MP

TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

Penulis

- Dr. Ir. Wardah, MP., MM
- Dr. Ir. Tatang Sopandi., MP

Diterbitkan Oleh :

PT REVKA PETRA MEDIA
Anggota IKAPI No.157/JTI/2014
Jl. Pucang Anom Timur no.5 Surabaya
Telp. 031-5051711 ; Fax. 031-5016848
e-mail: revkapetra.media@yahoo.com

16.09.071
September 2016
ISBN : 978-602-4170-59-2

Dicetak oleh PT REVKA PETRA MEDIA

Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta :

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini ke dalam bentuk apapun, secara elektronis maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit, Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta, Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 72, AYAT (1), (2) DAN (6)

DAFTAR ISI

		Halaman
KATA PENGANTAR		ii
DAFTAR ISI		iii
DAFTAR TABEL		v
DAFTAR GAMBAR		vi
BAB 1	PENDAHULUAN	1
BAB 2	RESIKO ALAMI BAHAN PANGAN	5
BAB 3	FISIOLOGI PASCA PANEN	11
BAB 4	TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN PADA SUHU DINGIN	20
BAB 5	TEKNOLOGI PEMBEKUAN	28
BAB 6	PROSES TERMAL	38
BAB 7	TEKNOLOGI PENGERINGAN	54
BAB 8	TEKNOLOGI PENGERINGAN BEKU	65
BAB 9	FERMENTASI PANGAN	73
BAB 10	TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH	84
BAB 11	TEKNOLOGI PIKEL	90
BAB 12	TEKNOLOGI PENGAWETAN DAN PENGOLHAN PANGAN DENGAN BAHAN KIMIA	94
BAB 13	IRADIASI PANGAN	107
BAB 14	PENGEMASAN PANGAN	115
BAB 15	EMULSIFIKASI PANGAN	121
BAB 16	PANGAN FUNGSIONAL	141

BAB 17 PRODUK PRODUK OLAHAN PANGAN 168

DAFTAR PUSTAKA 174

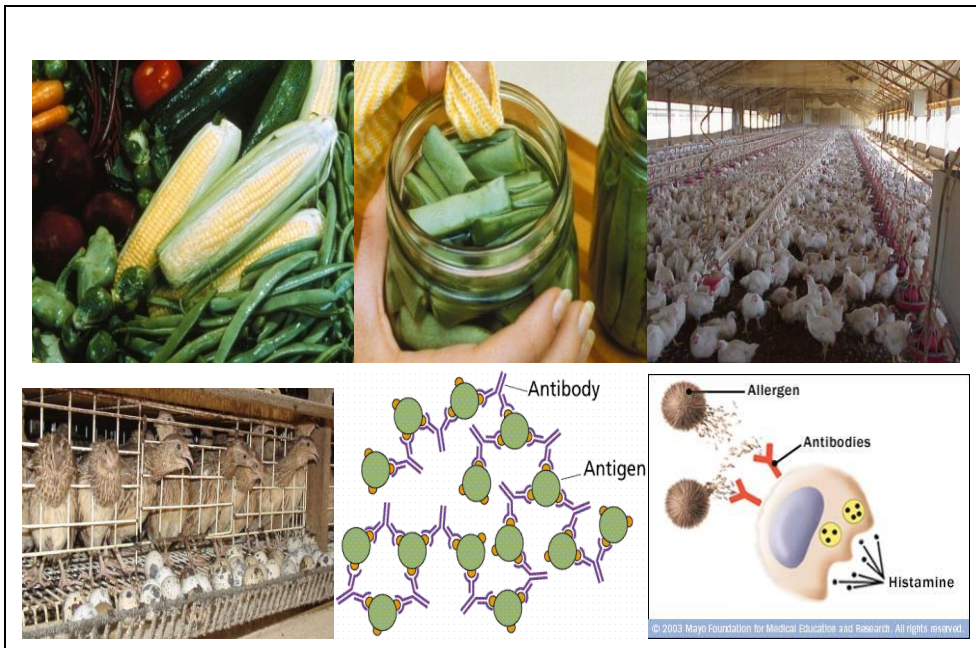
TENTANG PENULIS

Dr. Ir. Tatang Sopandi, MP adalah Lektor Kepala pada Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Penulis telah menyelesaikan studi Sarjana Peternakan (S1) pada Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran Bandung, Magister Pertanian (S2) bidang Teknologi Pascapanen Hasil Pertanian pada Program Pasca sarjana Universitas Padjadjaran Bandung dan Doktor (S3) Biologi pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya. Mengikuti berbagai pelatihan antara lain Bridging Program di Queensland University of Technology, Australia. Penulis aktif melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat baik yang didanai oleh DIKTI maupun lembaga lain. Karya ilmiah penulis telah dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah baik nasional terakreditasi maupun internasional antara lain *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, *Asian Journal of Agricultural Research* dan *Journal of Applied Microbiology*. Buku ini adalah buku kedua yang terbit setelah buku pertama yang berjudul "Mikrobiologi Pangan".

Dr. Ir. Wardah, MP., MM adalah Lektor Kepala pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Penulis telah menyelesaikan studi Sarjana Peternakan (S1) pada Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Malang, Magister Teknologi Pascapanen Hasil Pertanian (S2) pada Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran, Bandung dan Magister Manajemen (S2) di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya serta Doktor (S3) Biologi pada Fakultas Sain dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya. Penulis aktif melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat baik yang didanai DIKTI maupun lembaga lain. Karya ilmiah penulis telah dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah baik nasional terakreditasi maupun internasional antara lain *Jurnal Obat Bahan Alam*, *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, *Asian Journal of Agricultural Research* dan *Journal of Applied Microbiology*. Buku ini adalah buku kedua yang terbit setelah buku pertama yang berjudul "Mikrobiologi Pangan".

ISBN 978-602-4170-59-2
9 786024 170592

TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN



Oleh

Dr. Ir. Wardah, MP., MM
Dr. Ir. Tatang Sopandi., MP

PRAKATA

Puji dan syukur, penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi kesehatan dan kemampuan sehingga Buku Teknologi Hasil Pertanian ini dapat diselesaikan. Buku ini bertujuan untuk memberi pedoman kepada pembaca dalam rangka peningkatan pemahaman tentang teknologi hasil pertanian.

Buku ini terdiri dari 16 bab yang mendeskripiskan dan membahas tentang Peran dan landasan ilmu teknologi hasil pertanian, resiko alami bahan pangan, fisiologi pascapanen, pengawetan pangan dengan suhu rendah (chilling), pembekuan, proses termal, pengeringan, pengeringan beku, fermentasi, bahan kimia tambahan pangan, teknologi pangan semi basah, pikel, iradiasi pangan, pengemasan dan emulsifikasi pangan, serta pangan fungsional. Pemahaman terhadap materi pada buku ini penting untuk mencapai kompetensi dasar dan penunjang teknologi hasil pertanian.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi doa dan dorongan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ini. Kekurangan dan kelemahan buku ini tentu dapat ditemui baik dari segi materi maupun cara penulisnnya. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran sehingga buku ini dapat diperbaiki sebagaimana mestinya.

Surabaya, September 2016

Penulis

DAFTAR ISI

		Halaman
KATA PENGANTAR ...…….....		i
DAFTAR ISI …….....		ii
DAFTAR TABEL …….....		iii
DAFTAR GAMBAR …….....		iv
BAB 1	PENDAHULUAN ……..	1
BAB 2	RESIKO ALAMI BAHAN PANGAN ……..	8
BAB 3	FISIOLOGI PASCA PANEN ……	17
BAB 4	TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN PADA SUHU DINGIN	29
BAB 5	TEKNOLOGI PEMBEKUAN ……	41
BAB 6	PROSES TERMAL …….	57
BAB 7	TEKNOLOGI PENGERINGAN ……	81
BAB 8	TEKNOLOGI PENGERINGAN BEKU ……	96
BAB 9	FERMENTASI PANGAN ……..	108
BAB 10	TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH .	125
BAB 11	TEKNOLOGI PIKEL …….	134
BAB 12	TEKNOLOGI PENGAWETAN DAN PENGOLHAN PANGAN DENGAN BAHAN KIMIA …….....	141
BAB 13	IRADIASI PANGAN …….....	161
BAB 14	PENGEMASAN PANGAN …….....	170
BAB 15	EMULSIFIKASI PANGAN…….....	180
BAB 16	PANGAN FUNGSIONAL	201

BAB 17 PRODUK PRODUK OLAHAN PANGAN 231

DAFTAR PUSTAKA
…….....

GLOSARIUM
.....

DAFTAR TABEL

No	Tabel	halaman
1	Contoh buah klimaterik dan non klimaterik ……	13
2	Kecepatan respirasi produk hasil pertanian ……	14
3	Kemampuan pendinginan garam pada beberapa konsentrasi …….....	21
4	Kerusakan bahan pangan pada penyimpanan dingin	24
5	Lama simpan beberapa jenis komoditi hasil pertanian pada penyimpanan dingin …….....	25
6	Titik beku beberapa jenis bahan pangan …….....	29
7	Laju letal pada berbagai suhu pemanasan …….	42
8	Laju letal pada proses pemanasan suhu konstan …...	42
9	Laju letalitas pada waktu dan suhu pemanasan produk dalam kontainer …….....…..	43
10	Temperatur kolap untuk beberapa jenis pangan bek	63
11	Jenis vitamin yang hilang selama pembekuan pada pangan …….....	64

DAFTAR GAMBAR

No	Gambar	halaman
1	Lnadasan pengembangan teknologi hasil pertanian …	2
2	Waktu tenggang dan resiko alami bahan pangan …...	5
3	Laju respirasi klimaterik dan non klimaterik pada buah dan sayuran	12
4	Perubahan pati menjadi gula selama pematangan …..	14
5	Perubahan pectin menjadi asam galakturonat selama pematangan ….....	15
6	Perubahan pati menjadi asam organic …….	15
7	Perubahan klorofil menjadi klorin dan purpurin …….	16
8	Kurva pembekuan es pada bahan pangan ……	28
9	Berat jenis air dan es ……...	30
10	Kurva pembekuan pangan	30
11	Pembentukan Kristal es pada pembekuan pangan	32
12	Kurva pembekuan cepat dan lambat pada bahan pangan …….....	33
13	Kurva laju letal berdasarkan waktu	44
14	Kurva kematian bakteri secara logaritmik pada suhu T^oF	49
15	Kurva TDT ……...	49
16	Kurva kadar air bahan pangan …….	53
17	Konsentrasi solute pada berbagai suhu dalam sistem	54

campuran …….....

No	Gambar	halaman
18	Perpindahan energi dan massa pada proses pengeringan pangan ….....	54
19	Ilustrasi pengeringan langsung dan tidak langsung ….	56
20	Ilustrasi berbagai tipe pengering …….	57
21	Diagram hubungan tekanan dengan suhu terhadap perubahan bentuk bahan pangan …….....	60
22	Diagram transfer massa dan panas pada pengeringan beku …….....	61
23	Struktur porus pangan yang dikering bekukan	62
24	Penurunan konsentrasi solute selama pembekuan …..	64
25	Peralatan pengeringan beku ……	65
26	Jalur metabolism mikroorganisme …….....	73
27	Kurva kadar air dan aktivitas air …….....	76
28	Jenis mikroba, aktivitas air minimal dan kurva aktivitas air …….....	77
29	Proses emulsifikasi …….....	109

PRAKATA

Puji dan syukur, penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi kesehatan dan kemampuan sehingga Buku Teknologi Hasil Pertanian ini dapat diselesaikan. Buku ini bertujuan untuk memberi pedoman kepada pembaca dalam rangka peningkatan pemahaman tentang teknologi hasil pertanian.

Buku ini terdiri dari 16 bab yang mendeskripiskan dan membahas tentang Peran dan landasan ilmu teknologi hasil pertanian, resiko alami bahan pangan, fisiologi pascapanen, pengawetan pangan dengan suhu rendah (chilling), pembekuan, proses termal, pengeringan, pengeringan beku, fermentasi, bahan kimia tambahan pangan, teknologi pangan semi basah, pikel, iradiasi pangan, pengemasan dan emulsifikasi pangan, serta pangan fungsional. Pemahaman terhadap materi pada buku ini penting untuk mencapai kompetensi dasar dan penunjang teknologi hasil pertanian.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi doa dan dorongan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ini. Kekurangan dan kelemahan buku ini tentu dapat ditemui baik dari segi materi maupun cara penulisnnya. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran sehingga buku ini dapat diperbaiki sebagaimana mestinya.

Surabaya, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

		Halaman
	PRAKATA …….	i
	DAFTAR ISI ……..	ii
	DAFTAR TABEL ……..	iii
	DAFTAR GAMBAR …….	iv
BAB I	PENDAHULUAN …….	1
BAB II	RESIKO ALAMI BAHAN PANGAN …….	5
BAB III	FISIOLOGI PASCA PANEN ……..	11
BAB IV	TEKNOLOGI PENDINGINAN HASIL PERTANIAN	19
BAB V	TEKNOLOGI PEMBEKUAN …….	27
BAB VI	PROSES TERMAL ……..	36
BAB VII	TEKNOLOGI PENGERINGAN …….	51
BAB VIII	TEKNOLOGI PENGERINGAN BEKU …….	59
BAB IX	FERMENTASI PANGAN ……..	66
BAB X	TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH .	76
BAB XI	TEKNOLOGI PIKEL …….	82
BAB XII	TEKNOLOGI PENGAWETAN DAN PENGOLHAN PANGAN DENGAN BAHAN KIMIA …….	86
BAB XIII	IRADIASI PANGAN ……	97
BAB XIV	PENGEMASAN PANGAN ……..	102
BAB XV	EMULSIFIKASI PANGAN……..	108
BAB XVI	PANGAN FUNGSIONAL	138
	DAFTAR PUSTAKA ……	126

BAB 1
PENDAHULUAN

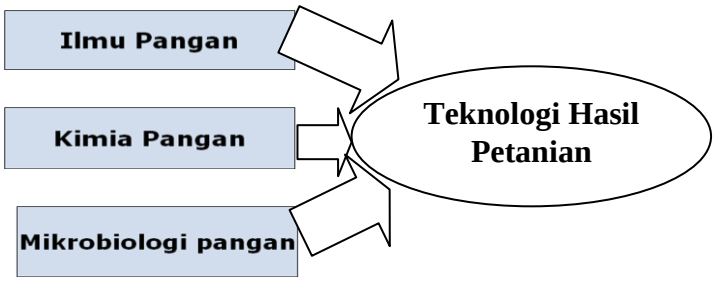
Pengertian umum teknologi hasil pertanian (pangan) adalah kegiatan usaha pengolahan hasil pertanian yang memproses bahan pangan nabati (berasal dari tanaman). Proses yang diterapkan mencakup perubahan dan pengawetan produk hasil pertanian melalui perlakuan fisik atau kimiawi, penyimpanan, pengemasan dan distribusi. Produk yang dihasilkan dapat berupa produk akhir yang siap konsumsi atau produk yang akan digunakan sebagai bahan baku industri pangan. Arti spesipik dari teknologi pengolahan hasil pertanian mempelajari penerapan prinsip-prinsip kimia/biokimia, fisika dalam penanganan, pengolahan dan peningkatan nilai tambah hasil pertanian.

Teknologi hasil pertanian telah mengalami perkembanga yang pesat, beberapa ilmu yang menjadi landasan pengembangan teknologi pengolahan hasil pertanian adalah :

1. Ilmu pangan : penerapan dasar-dasar biologi, kimia, fisika dan teknik dalam mempelajari sifat-sifat bahan, penyebab kerusakan dan prinsip-prinsip yang mendasari pengolahan pangan.
2. Kimia pangan : mencakup aspek dasar, penerapan, dan pengembangan dalam penentuan komposisi kimiawi secara

kualitiatif dan kuantitatif dan telaah reaksi kimia/biokimia yang terjadi sejak bahan dipanen sampai siap dikonsumsi.

3. Mikrobiologi pangan mencakup penelahaan mikroba yang berperan dalam kerusakan, penanganan, pengawetan dan penglahan bahan pangan, sanitasi, penerapan mikrobiologi industri serta aspek keamanan pangan.



Gambar 1. Landasan pengembangan teknologi hasil pertanian

Teknologi pasca panen pada umumnya merupakan penerapan secara teknik dan ilmu dalam perlakuan dan pengolahan untuk mengamankan dan mempertinggi daya guna produk pertanian setelah panen berdasarkan pada ilmu kimia, fisika, biologi dan mekanisasi. Teknologi hasil pertanian berkaitan erat dengan pengawetan hasil pertanian yang didefinisikan sebagai suatu tindakan yang bertujuan untuk memperpanjang umur pakai bahan sehingga daya guna hasil pertanian tersebut tidak menurun.

Teknologi hasil pertanian mempunyai peranan penting dalam pengawetan pangan terutama dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan yaitu:

1.menjamin kesinambungan ketersediaan pangan.

2.memudahkan proses pengolahan selanjutnya

3.mempertahankan daya guna bahan, bahkan dalam beberapa hal meningkatkan nutrisi dan nilai ekonomis

4.memperkecil susut dan faktor resiko bahan

5.secara umum dapat membantu stabilitas harga,

Usaha-usaha yang dilakukan pada teknologi pangan antara lain mengubah bahan pangan menjadi bentuk yang mudah dipergunakan dan lebih dimanfaatkan oleh masyarakat baik dalam harga maupun rasa; membuat bahan pangan serta hasil olahannya mempunyai daya simpan tinggi; mempertahankan atau memperbaiki nilai gizi; membantu atau mencegah terjadinya gangguan kesehatan karena pangan (sanitasi, pengawasan, pengolahan dan mutu bahan)

Hasil pertanian merupakan produk hasil budidaya tanaman dan usaha pertanian. Tujuan teknologi hasil pertanian adalah mengurangi atau menekan tingkat kehilangan hasil panen atau menghasilkan produk yang lebih baik melalui kegiatan pengolahan. Produk hasil pertanian mempunyai sifat yang spesifik yang dapat

dipandang sebagai kelemahan dalam teknologi pengolahan hasil pertanian yaitu :

1. mudah rusak dan mengalami penyusutan
2. mempunyai keragaman tinggi baik dalam bentuk, rasa, warna dan lain-lain
3. bulky (amba) sehingga memerlukan tempat yang luas untuk penyimpanan atau selama transportasi
4. tergantung pada kondisi agroklimat (musiman)
5. terdapat tenggang waktu produksi dengan waktu konsumsi

Produk hasil pertanian mempunyai sifat mudah rusak. Secara umum. faktor-faktor penyebab kerusakan produk hasil pertanian di bagi dua yaitu:

1. faktor intern/genetik bahan pangan seperti komposisi kimia, sifat fisik/bentuk bahan
2. faktor ekstern/lingkungan seperti mekanis, mikrobiologis, dan kimiawi, dll.

Faktor eksternel penyebab kerusakan hasil pertanian berdasarkan jenis kerusakan hasil pertanian meliputi:

1. kerusakan mekanis yaitu kerusakan yang disebabkan secara mekanis mengakibatkan perubahan bentuk dan penampilan hasil pertanian.

2. kerusakan kimiawi yaitu kerusakan yang disebabkan reaksi-reaksi kimia yang berlangsung dalam produk hasil pertanian yang menimbulkan perubahan yang tidak dikehendaki.
3. kerusakan mikrobiologis yaitu kerusakan oleh mikroba yang terdapat dalam bahan atau produk hasil pertanian.

Setelah panen, produk hasil panen sering mengalami penyusutan, terdapat tiga jenis penyusutan produk hasil pertanian yang meliputi :

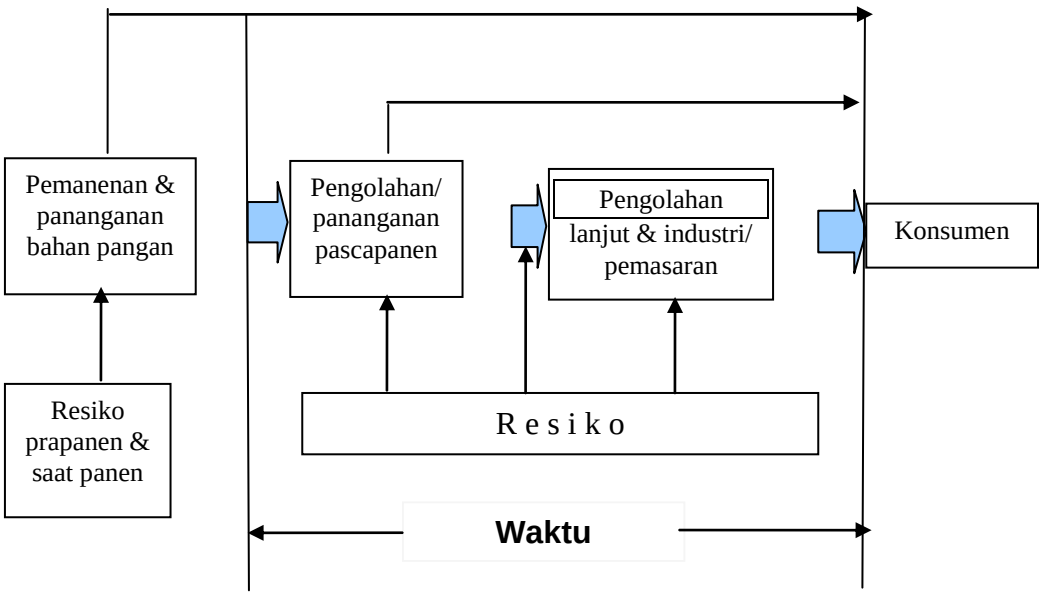
1. susut fisik; berkurangnya bobot produk ahasil pertanian akibat transpirasi yang cepat dan pertumbuhan mikroba.
2. susut mutu; berkurangnya kualitas produk hasil pertanian mis. perubahan warna, tekstur dan rasa.
3. susut gizi; berkurangnya kandungan nutrisi terutama vitamin yang terdapat dalam produk

Produk hasil pertanian mempunyai tingkat keragaman yang tinggi, baik keragaman dalam tekstur, ukuran warna, kematangan dan lain-lain. Keragaman produk hasil pertanian disebabkan oleh:

1. genetik, species, varietas dll.
2. kondisi agroklimat
3. tenik budidaya
4. waktu panen dll.

BAB 2
RESIKO ALAMI BAHAN PANGAN

Waktu tenggang produksi dan konsumsi bahan pangan merupakan bagian yang tak terpisahkan dalam siklus pemanfaatan produk hasil pertanian. Keberadaan waktu tenggang merupakan sisi lemah ketahanan alami bahan pangan yang tidak dapat dihindari. Gambar 2 memperlihatkan resiko alami bahan pangan selama waktu tenggang produksi dan konsumsi bahan pangan.



Gambar 2. Waktu tenggang dan resiko alami bahan pangan

Resiko alami bahan pangan merupakan kerentaan dan kerusakan bahan pangan pasca panen hingga siap dikonsumsi. Resiko prapanen dan pada saat panen dapat diatasi dengan cara seleksi dan sortasi sehingga bahan pangan yang rusak atau tidak sesuai kriteria tidak diikut sertakan dalam proses selanjutnya. Resiko alami bahan pangan akan berakhir bila :

1. Bahan pangan digunakan atau dikonsumsi
2. Bahan pangan dibuang karena tidak layak untuk dikonsumsi

Tipe resiko bahan pangan berkaitan dengan faktor-faktor penyebab resiko atau stimulan faktor penyebab lain yang meliputi:

1. **Kerusakan mekanis**, menyebabkan perubahan-perubahan bentuk dan penampilan bahan pangan contoh; memar akibat benturan dengan sesama, bahan atau benda keras, lecet akibat tersayat benda tajam, lubang dan bintik akibat dikerat tikus, serangga dan hama lainnya, retak akibat pemanasan, remuk atau pecah pada saat pengangkutan, menggumpal atau terkoagulasi akibat pemanasan

   Penyebab utama kerusakan mekanis adalah (1) kesalahan dan kecerobohan pananganan bahan, (2) serangan hama bahan pangan seperti tikus, serangga, burung, ulat dll. Kerusakan mekanis merupakan indikator kerusakan yang paling awal terlihat

dihadapan konsumen dan dapat menjadi penyebab kerusakan lainnya. Jaringan-jaringan dalam struktur bahan pangan yang rusak dan terputus tidak mampu melindungi isi jaringan dari pengaruh udara, kelembaban dan kontaminasi sehingga kerusakan kimiawi dan mikrobiologis dapat meningkat.

2. **Kerusakan kimiawi**

Kerusakan kimiawi bahan pangan merupakan reaksi-reaksi dan aktivitas fisiologis dalam bahan pangan setelah panen dapat menyebabkan kerusakan dan menimbulkan perubahan yang tidak dikehendaki. Contoh kerusakan kimiawi : oksidasi lemak pada makanan yang menyebabkan produk berbau tengik atau perubahan warna, koagulasi akibat gangguan pH dan gangguan ikatan kimia, terbentuknya warna cokelat (browning) karena enzimatis maupun non enzimatis, proses autolisis yang berakhir dengan kerusakan dan pembusukan disebabkan proses metabolisme pascapanen dan aktivitas enzim serta penyimpangan bau, rasa dan warna akibat terbentuknya senyawa asam, aldehid, keton dsb. Kerentaan bahan pangan dalam tipe resiko kerusakan kimiawi berbeda tergantung pada kondisi bahan. Kerusakan kimiawi juga dapat terjadi karena stimulan kerusakan mekanis dan mikrobiologis.

3. **Kerusakan mikrobiologis**

Kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas mikroba yang terdapat dalam bahan pangan. Kerusakan mikrobiologis merupakan kerusakan yang banyak merugikan bahan pangan, bukan hanya kecepatan dan jenis kerusakannya yang tinggi tetapi juga produksi senyawa-senyawa toksik yang membahayakan manusia dan pembusukan yang mengganngu penerimaan konsumen. Contoh kerusakan mikrobiologis adalah (1) adanya lendir dan noda biru pada daging akibat kontaminasi *Pseudomanas*, mikrokokus atau *Penicillium*, (2) pembusukan pada telur akibat *Pseudomanas* dan *Alkaligenes*, (3) roti berjamur atau berlendir akibat kontaminasi *Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium* dan *Bacillus*, (4) pembusukan pada sayuran dan buah akibat kontaminasi *Aspergilllus*, (5) keberadaan mikroba pembentuk toksik dalam bahan pangan misalnya *Clostridium botulinum. Aspergillus flavus, Salmonella, E. Coli* atau *M. tuberculosis*. Kerusakan mikrobiologis dapat terjadi pada setiap tahap pengolahan mulai dari penen hingga siap konsumsi.

Faktor yang mempengaruhi kerusakan pangan secara umum dapat dibagi dua yaitu faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik yaitu faktor yang berasal dan berpangkal pada kondisi bahan

pangan tersebut seperti kadar air, tingkat kematangan, konstruksi dan sifat bahan pangan.

Air merupakan komponen bahan pangan yang penting untuk pertumbuhan mikroba dan reaksi kimia yang terjadi dalam pangan. Kadar air bahan pangan secara konvensional air dibagi 3 yaitu :

1. Air yang terikat secara kimia yaitu air kristal yang terikat sebagai molekul-molekul dalam bentuk H_2O dan air konstitusi yang merupakan bagian dari molekul secawa padatan tertentu.
2. Air yang terikat secara fisik yaitu (1) air kapiler yang terikat dalam rongga-rongga jaringan kapiler halus dari bahan pangan, (2) air terlarut dalam bahan padat yang bila diuapkan dari bahan pangan maka air tersebut harus berdifusi dari bagian dalam melalui bahan padat dan (3) air adsorpsi yaitu air yang terikat pada permukaan, yang merupakan keseimbangan dari uap air yang ada di udara sekeliling sehingga jumlahnya dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu lingkungan.
3. Air bebas (aktivitas air) yaitu jumlah air bebas dalam bahan pangan yang dapat digunakan mikroba untuk hidup

Bahan pangan yang terlalu muda (belum tepat waktu untuk dipanen) relatif lebih cepat rusak karena ketahanan sel dan jaringan masih lemah disamping senyawa pelindung belum terbentuk dalam

jumlah yang cukup. Buah-buahan klimaterik perlu dipanen sebelum matang karena pola respirasi dan fisiologis

Komposisi kimia bahan pangan mempunyai pengaruh besar terhadap konstruksi dan sifat bahan pangan. Bahan pangan nabati umumnya banyak mengandung selulosa sehingga dinding selnya relatif lebih kokoh dibandingkan dengan bahan pangan hewani. Bahan pangan yang banyak mengandung karbohidrat dan protein mempunyai resiko kerusakan mikrobiologis yang lebih besar karena karbohidrat dan protein merupakan substrat yang baik untuk mikroba. Bahan pangan yang banyak mengandung lemak dan enzim dalam jumlah besar mempunyai resiko kerusakan kimiawi yang lebih besar.

Faktor Ekstrinsik mencakup semua faktor lingkungan bahan pangan yang mempengaruhi resiko terjadi seperti : komposisi udara, suhu dan tekanan udara dan populasi mikoba.

1. Komposisi udara berhubungan erat dengan kegiatan fisiologis pasca panen bahan pangan, terutama menyangkut penggunaan oksigen, gas stimulan, gas penghambat serta kejenuhan metabolit buangan mikroba. Kadar oksigen yang tinggi menyebabkan reaksi-reaksi respirasi aerobik bahan pangan dan mikroba aerobik berjalan sangat baik sehingga menimbulkan kerusakan kimia dan

mikrobiologis. Udara normal mengandung nitrogen 78%, oksigen 20%, karbondioksida 1,2% dan sisanya gas lain.

2. Suhu dan tekanan udara erat hubungannya dengan reaksi-reaksi kimia dan aktivitas mikroba
3. Populasi mikroba berhubungan erat dengan sanitasi lingkungan. Pada populasi dan ragam mikroba yang tinggi resiko kerusakan bahan pangan akan meningkat.

Faktor perlakuan yang beragam dan tidak konsisten menyebabkan resiko bahan pangan semakin besar. Misalnya pemanasan, pendinginan dan pembekuan, pemberian pengawet dan perlakuan lain. Misalnya pemotongan dan penggilingan dapat meningkatkan luas permukaan bahan pangan untuk terkontaminasi mikroba dan menurunkan ketahanan pangan

Penanggulangan resiko alami kerusakan pangan dapat dilakukan secara preventif (pencegahan) dan kuratif (pemberantasan). Penanggulangan resiko kerusakan bahan pangan diklasifikasikan menjadi tiga tipe yaitu (1) secara fisik atau mekanis misalnya pengeringan, pembekuan, pengalengan atau pengemasan, pembuatan konsentrat, radiasi, ppenyimpanan atau penggudangan, (2) kimia misalnya penambahan pengawet seperti asam, garam, gula dsb., (3)

biologis misalnya fermentasi dalam pembuatan anggur, bir, kue dan lain-lain.

BAB 3
FISIOLOGI PASCA PANEN

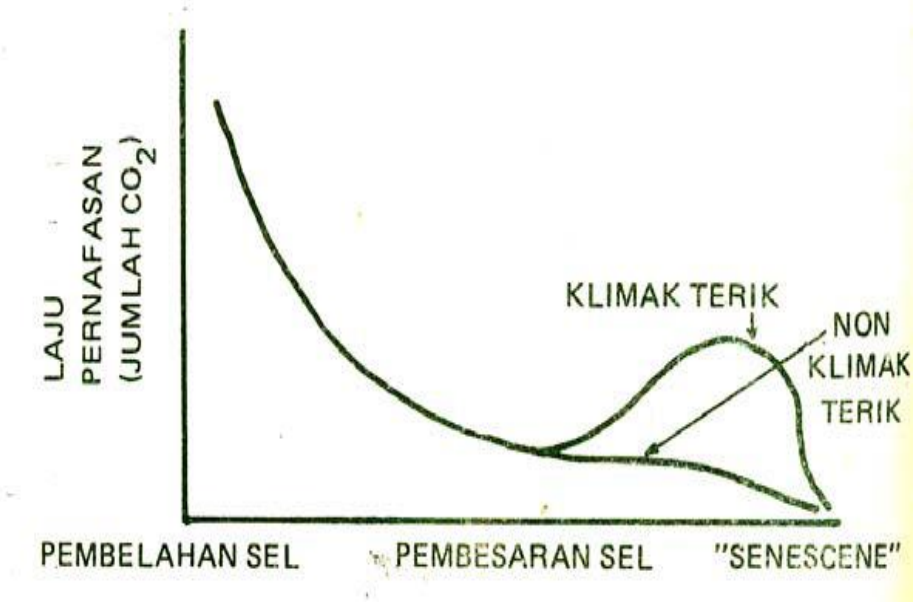
Pemanenan buah dan sayuran perlu dilakukan secara hati-hati untuk memperoleh mutu produk sesuai dengan yang diinginkan. Kriteria buah dan sayuran siap panen pada umumnya berdasarkan kriteria penampilan meliputi:

1. secara visual (warna kulit) atau besar buah.
2. secara fisik (kerapatan duri pada nangka)
3. secara kimia yaitu rasio gula : asam, buah masak gula tinggi
4. waktu : umur buah sejak penyerbukan sampai siap panen atau sayuran

Proses fisiologi pasca panen hasil pertanian dipengaruhi oleh pola respirasi yang pada gilirannya akan menentukan waktu panen. Respirasi merupakan proses utama dan penting yang terjadi pada hampir semua makluk hidup termasuk pada buah dan sayuran. Proses respirasi tidak hanya terjadi pada waktu prapanen tetapi juga terjadi pasca panen. Terdapat dua kelompok pola respirasi produk pertanian yaitu respirasi klimaterik dan non klimaterik. Pola respirasi klimaterik merupakan pola respirasi yang menunjukkan peningkatan laju respirasi pada saat buah akan matang, laju tertinggi pada saat

matang dan menurun setelah matang. Klimaterik dapat diartikan sebagai keadaan buah yang stimulasi menuju kematangannya terjadi secara sendiri (*auto stimulation*). Klimaterik juga merupakan suatu periode mendadak yang unik untuk buah-buahan tertentu. Selama proses ini terjadi serangkaian perubahan biologis yang diawali dengan pembentukan etilen, suatu senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang pada suhu ruang berbentuk gas. Non klimaterik yaitu pola respirasi yang tidak menunjukkan peningkatan laju respirasi saat akan matang.

Etilen dapat dihasilkan oleh jaringan tanaman hidup pada waktu-waktu tertentu. Etilen merupakan suatu gas yang dapat digolongkan sebagai hormon yang aktif dalam proses pematangan tanaman karena bersifat mobil (mudah bergerak) dalam jaringan tanaman dan merupakan senyawa organik. Etilen dapat menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan penting dalam proses pertumbuhan dan pematangan hasil-hasil pertanian. Senyawa yang terdapat dalam bahan pangan dapat memulai dan mempercepat proses klimaterik. Gambar 3 memperlihatkan pola respirasi buah dan sayuran.



Gambar 3. Laju respirasi klimaterik dan non klimaterik pada buah dan sayuran

Buah-buahan yang mempunyai pola respirasi klimaterik paling baik dipanen pada saat pola respirasi menaik, sehingga setelah dipanen dan dilakukan pemeraman buah akan matang. Sedangkan buah-buahan dengan pola respirasi non klimaterik paling baik dipanen pada buah sudah matang. Tabel 1 memperlihatkan contoh buah dengan respirasi klimaterik dan non klimaterik.

Tabel 1. Contoh buah klimakterik dan non klimakterik

Klimakterik	Non klimakterik
Apel,	Berry, Jeruk
Apokat	Coklat,
Pisang	Nenas
Persik	Ceri
Sukun, kesemek	Timun
Kurma	Terong
Jambu biji	Anggur, strowberry
Nangka	Leci
Semangka	Lada
Mangga	Delima

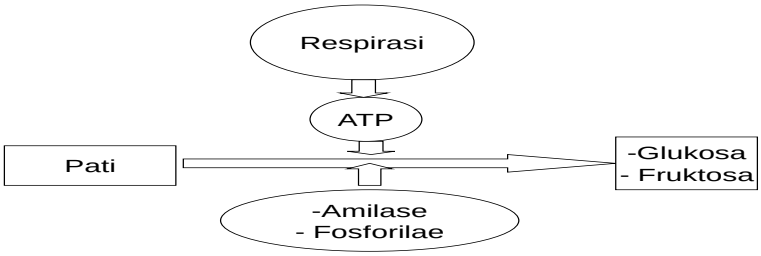
Sebagai konsekwensi dari pola respirasi yang berbeda antar produk hasil pertanian, penanganan buah dan sayuran setelah panen akan berbeda tergantung pada kecepatan respirasi. Berdasarkan kecepatan respirasi, produk hasil dibagi dalam enam kelompok pertanian seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kecepatan respirasi produk hasil pertanian

Kelompok	Kecepatan Respirasi (mg CO_2/kg/jam)	Komoditi
Sangat rendah	< 5	kacang, kurma, buah-buahan dan sayuran kering
Rendah	5-10	apel, anggur, kiwi, bawang putih, bawang merah, kentang tua, ubi jalar
Sedang	10-20	aprikot, pisang, ceri, persik, pir, wartel, selada, lada, tomat, kentang muda
Tinggi	20-40	strawberry, bery, kol kembang, apokat,
Sangat tinggi	40-60	buncis segar
Sangat tinggi sekali	> 60	lubis, kacang polong, bayam, jagung manis

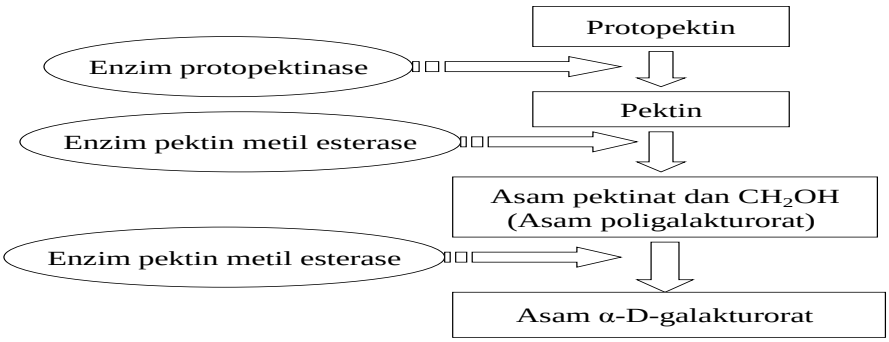
Selama proses pematanganBerbagai perubahan kimia dapat terjadi selama proses pematangan, perubahan tersebut terdiri atas :

1. Perubahan pati menjadi gula yang disebabkan aktivitas enzim amilase dan forforilase terjadi selama respirasi.



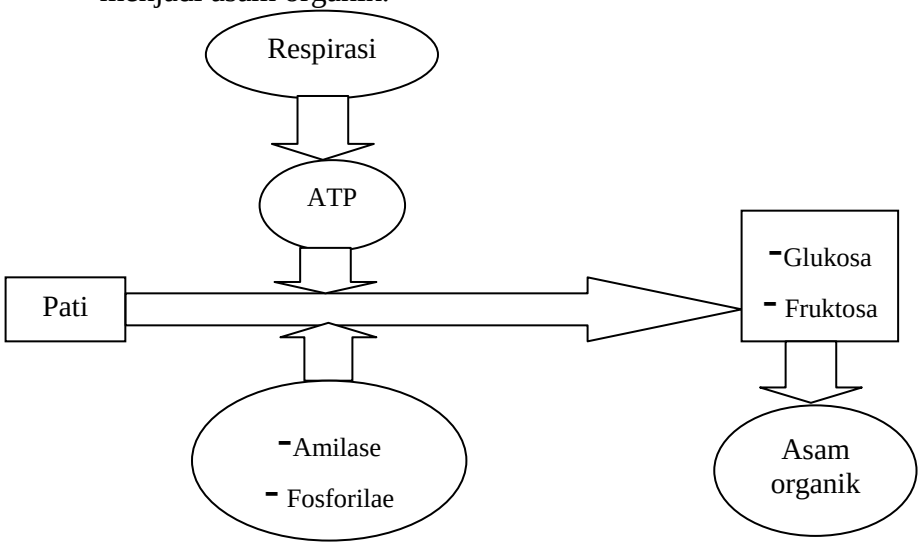
Gambar 4. Perubahan pati menjadi gula selama pematangan

2. Perubahan pektin menjadi asam galakturonat selama pematangan oleh aktivitas enzim protopektinase. pektil metil esterase dan pektin metil esterase.



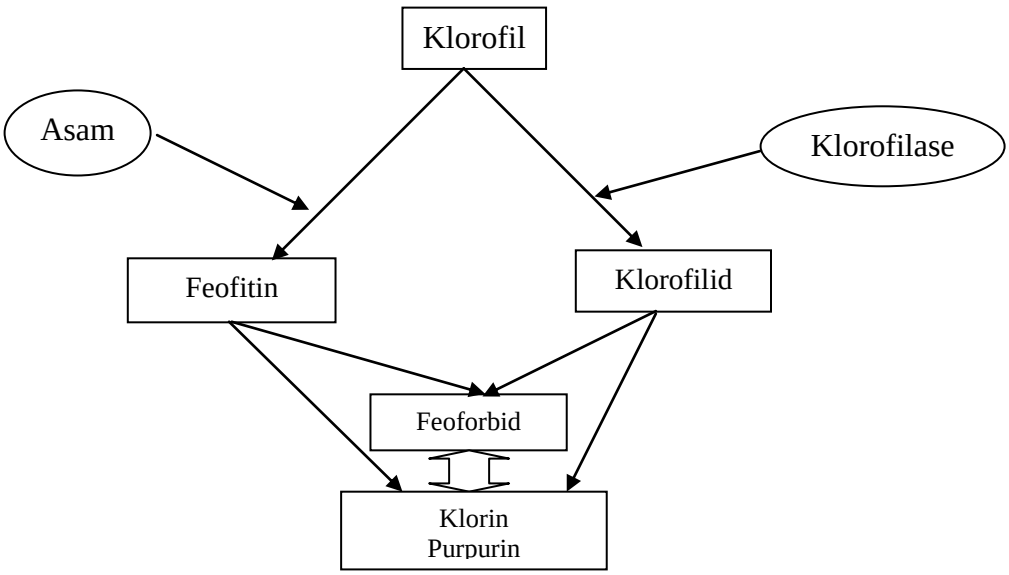
Gambar 5. Perubahan pektin menjadi asam galakturonat selama pematangan

3. Perubahan pati menjadi gula sederhana yang berlanjut menjadi asam organik.



Gambar 6. Perubahan pati menjadi asam organik

4. Perubahan pigmen klorofil menjadi klorin dan purpurin



Gambar 7. Perubahan klorofil menjadi klorin dan purpurin

Perbedaan kecepatan repirasi produk hasil pertanian diipengaruhi oleh berbgai faktor yang terdiri atas :

1. Faktor Internal yang meliputi :

   a. Tingkat perkembangan; buah muda mempunyai kecepatan respirasi tinggi. Kecepatan respirasi buah klimaterik dari periode pembelahan sel akan menurun sampai periode permulaan pematangan, dan meningkat sampai mencapai puncak pada periode pematangan dan kecepatan respirasi menurun setelah pematangan. Pola respirasi pada buah non klimaterik terjadi terus munurun mulai periode pembelahan sel sampai pematangan.

   b. Kecepatan respirasi buah yang berukuran kecil kecepatan respirasinya lebih tinggi dibandingkan buah yang berukuran besar.

   c. Struktur kulit (lapisan lilin); buah yang mempunyai kulit berlapis lilin kecepatan respirasinya lebih rendah (apel, semangka, sawo kecik dan pear)

   d. Tipe jaringan; jaringan sayuran dan buah-buahan yang masih muda lebih aktif melakukan metabolisme dan respirasi

e. Komposisi kimia jaringan; kecepatan respirasi pada jaringan yang banyak mengandung atau asam organik lebih tinggi daripada jaringan yang banyak mengandung lemak

2. Faktor Ekternal yang meliputi :

a. Suhu; kecepatan respirasi meningkat dengan meningkatnya suhu lingkungan
b. Oksigen; peningkatan oksigen sampai 20% meningkatkan laju respirasi oksidatif
c. Karbondioksida; peningkatan konsentrasi karbondioksida sampai 20% menghambat laju respirasi, tetapi lebih dari 20% akan terjadi kenaikan laju respirasi anaerob.
d. Hormon tanaman; hormon tanaman etilen, auxin, sitokinin, gibberellin, absikin dan maleat-hidrasida meningkatkan laju respirasi dan pematangan
e. Luka mekanis; dapat memacu respirasi karena kontak enzim, substrat dan oksigen meningkat.

Berbagai perubahan atau proses biokimia selama pematangan dapat menyebabkan perubahan morfologi yang meliputi perubahan warna serta perubahan struktur dan kekerasan produk hasil pertanian. Untuk mendapatkan produk hasil pertanian dengan kualitas seperti

yang diinginkan serta mengurangi penyusutan, dapat dilakukan beberapa cara penanganan pasca panen buah dan sayuran meliputi :

- Aging, tujuan memberi kesempatan penyembuhan luka dan mengurangi kadar air sampai optimal, dilakukan dengan cara menghamparkan atau menggantung komoditi pada ruangan dengan RH tinggi.
- Degreening, bertujuan untu menghilangkan warna hijau pada buah-buahan, dilakukan dengan cara pemeraman dan ditambah dengan etilen, asetilen, propilen, butilen (karbit)
- Precooling yaitu penghilangan panas yang dibawa bahan dari kebun sampai dicapai suhu aman, dilakukan dengan cara pendinginan udara (air cooling), pendinginan air (hidrocooling), dan pendinginan vakum (vaccum cooling).
- Waxing (pelapisan lilin), bertujuan untuk mengurangi transferasi, menutup luka atau menutup bagian yang terkelupas, dan memberikan kenampakan yang menarik
- Sortasi/grading, pemilihan dan pemisahan berdasarkan kriteria yang diinginkan (warna, ukuran dan kecacatan)
- Pencucian bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan bahan asing serta mengurangi aktivitas enzim.

- Pengemasan, bertujuan untuk melindungi bahan, mengurangi penguapan air, kontamiansi mikroba atau serangga, memudahkan pemindahan dan sortasi serta menambah daya tarik.

BAB 4
TEKNOLOGI PENDINGINAN HASIL PERTANIAN

Pendinginan atau refrigerasi adalah proses pengambilan panas dari satu bahan atau benda sehingga suhu bahan menjadi lebih rendah atau mencapai kesetimbangan. Medium pendingin yang kontak dengan bahan pangan sehingga terjadi pemindahan panas (energi) dari bahan pangan tersebut ke medium pendingin sampai keduanya mempunyai suhu yang sama atau hampir sama. Pengambilan panas dalam proses pendinginan dapat dilakukan dengan berbagai cara :

1. menggunakan air dingin (sweet water) atau larutan garam (brine) yang dingin
2. menggunakan proses pencairan medium pendingin, misalnya penggunaan es
3. pendinginan yang terjadi karena proses penguapan zat padat (sublimasi), misalnya pendinginan dengan menggunakan es kering atau dry es
4. pendinginan dengan penguapan cairan
5. perubahan fase cair menjadi fase uap (pada amonia dan freon)

Penyimpanan bahan pangan pada suhu rendah dapat memperpanjang masa hidup jaringan-jaringan dalam bahan pangan

karena aktivitas biokimia dan mikroorganisme dihambat. Penyimpanan dingin tidak membunuh tetapi menghambat aktivitas mikroba. Pada pendinginan, setiap penurunan suhu penyimpanan 8°C, sekitar setengan metabolismi mikroba berkurang. Cara pengawetan pangan dengan suhu rendah terdapat 2 macam yaitu pendinginan (cooling) dan pembekuan (freezing).

Pendinginan adalah penyimpanan bahan pangan di atas titik beku yaitu sekitar -2 sampai 10°C. Pendinginan yang biasa dilakukan sehari-hari terutama pada skala rumah tangga dilakukan dalam lemari es pada suhu 5-8°C. Beberapa bahan pangan tidak membeku sampai suhu -2°C atau di bawahnya karena pengaruh kandungan zat-zat di dalam bahan pangan tersebut. Pendinginan biasanya akan mengawetkan bahan pangan beberapa hari atau minggu tergantung pada jenis bahan pangannya. Fluktuasi suhu penyimpanan akan menyebabkan kondensasi air pada bahan sehingga dapat merangsang pertumbuhan cendawan dan proses pembusukan

Kerusakan bahan pangan pada umumnya disebabkan proses biokimiawi atau kimiawi meskipun kerusakan tersebut dilakukan oleh mikroorganisme. Kecepatan reaksi dalam kerusakan tersebut dipengaruhi oleh suhu. Penurunan suhu di bawah suhu yang

dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme dapat memperpanjang waktu generasi mikroorganisme dan mencegah atau menghambat reproduksi. Terdapat tiga golongan mikroorganisme berdasarkan suhu pertumbuhan yaitu golongan termofilik (35-55°C), mesofilik (10-40°C) dan psikrofilik (-5 – 15°C). Pendinginan menghambat pertumbuhan mikroorganisme termofilik dan beberapa mesofilik.

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya awet pangan pada penyimpanan dingin meliputi :

1. Jenis pangan dan varietas
2. Bagian pangan yang disimpan
3. Kondisi bahan pada saat dipanen
4. Suhu distribusi dan retail display
5. Kelembaban relatif tempat penyimpanan

Penyimpanan dingin bahan pangan dilakukan untuk pengendalian kualitas bahan, pengendalian transferasi dan pengendalian respirasi. Proses pendinginan berdasarkan atas dasar hukum termodinamika kedua yaitu energi dapat ditransfer dari benda yang ber-energi tinggi ke yang berenergi rendah. Keuntungan penggunaan es untuk pendinginan bahan pangan adalah tidak

terjadinya pengurangan kadar air (desikasi) pada bahan pangan. Pada pendinginan mekanis, uap dari air yang terkandung dalam bahan pangan akan mengembun pada evaporator. Pengaruh negatif tersebut dapat dikurangi dengan mengatur kelembaban relatif ruang pendinginan adan atau dengan pengemasan bahan pangan. Pendinginan alami dapat dikerjakan dengan menggunakan es, campuran air dan es atau campuran es dan larutan garam. Pendinginan es tidak dapat mencapai suhu kurang dari 0^oC atau 32^oF, agar suhu dapat digunakan campuran es dengan garam. Penambahan garam dalam media pendingin dapat meningkatkan kemampuan pendinginan bahan Tabel 3 memperlihatkan kemampuan pendinginan berberapa konsentrasi garam.

Tabel 3. Kemampuan pendinginan garam pada berberapa Konsentrasi

Kadar garam (%)	Kemampuan pendinginan Btu/lb	Suhu campuran (^oF)
0	144,0	32
5	139,5	27
10	134,5	20
15	129,5	11
20	124,5	1,5
25	119,5	- 10

Penggunaan campuran es dan garam untuk keperluan pendinginan perlu mendapat perhatian karena sifatnya yang korosif. Cara lain pendinginan alami dapat dilakukan dengan menggunakan es kering (dry ice) yaitu CO_2 padat sebagai medium pendingin. Dry ice merupakan hasil samping dari berbagai industri, seperti industri alkohol dengan fermentasi. Setelah gas CO_2 dimurnikan, dikompresikan sehingga dapat dicairkan. Es kering (dry ice) mempunyai sifat-sifat :

1. Dapat menghasilkan suhu -109,3^o F dalam atmosfir CO_2 dan -123°F dalam atmosfir yang mengandung 50% CO_2
2. Berat jenis 5,0-5,5 lbs/inc
3. Daya pendinginan 246 Btu/lb pada -109°F

Buah dan sayuran seperti pisang, avokat, melon, apel dan perlu dilindungi dari etilen, karena gas etilen mempercepat proses pematangan, tetapi pada suhu rendah pengaruh etilen tidak nyata.

Pendinginan mekanis dapat dicapai dengan sistem kompresi mekanis atau sistem absorpsi. Dasar pendinginan sistem absorpsi adalah penyerapan panas oleh zat pendingin pada waktu terjadi perubahan fase yaitu dari fase cair ke fase uap. Komponen-komponen penting dari refrigerasi dengan sistem kompresi adalah :

1. Evaporator : pada bagian ini zat pendingin mendidih, menguap dan menyerap panas.
2. Kompresor : berfungsi menghisap uap dingin dari evaporator dan memompa uap zat pendingin ke kondensor untuk dialirkan ke kondensor untuk dicairkan kembali pada tekanan tertentu
3. Kondenser : pada dasarnya merupakan penghantar panas yang berfungsi untuk mengkondensasi zat pendingi,
4. Klep ekspansi : berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran zat pendingin dan menjaga perbedaan tekanan antara bagian yang bertekanan tinggi yaitu konsenser dan yang bertekanan rendah yaitu evaporator.
5. Media pendingin : yang paling umum digunakan dalam sistem refrigerasi mekanis adalah amonia atau freon

Bahan yang akan dijadikan media pendingin mempunyai berbagai syarat yaitu :

1. Titik didih rendah
2. Toksisitas rendah
3. Tidak mudah terbakar
4. Murah

Faktor yang mempengaruhi kecepatan pendinginan buah dan sayuran adalah:

1. Jumlah bahan pangan yang didinginkan
2. Perbedaan suhu bahan dengan media pendingin
3. Kecepatan aliran media pendingin
4. Jenis media pendingin

Penyimpanan dingin produk pertanian dapat menyebabkan kerusakan, Tabel 4 memperlihatkan suhu terbaik pendinginan bahan pangan dan jenis kerusakan bahan pangan pada penyimpanan dingin yang tidak sesuai.

Tabel 4. Kerusakan bahan pangan pada penyimpanan dingin

Bahan	Suhu terbaik (^oC)	Kerusakan jika disimpan di bawah suhu penyimpanan terbaik
Buah :		
Avokat	7,5	berwarna coklat bagian dalam
Anggur	7,5	kuka, bopeng, coklat bagian dalam
Apel	1-2	berwarna coklat bagian dalam, lunak dan pecah
Jeruk	2-3	kulit tidak beraturan
Mangga	10	warna pucat bagian dalam
Nenas	10-30	lembek
Pepaya	7,5	pecah

Pisang	13,5	warna gelap jika masak
Sayuran :		
Buncis	7,5-10	bopeng, lembek, kemerahan
Kentang	4,5	warna coklat
Ketimun	7,5	bopeng lembek, busuk
Kol	0	garis-garis coklat pada tangkai
terung	7-10	bintik-bintik coklat
Tomat hijau	13	tidak berwarna jika masak, mudah busuk
Tomat matang	10	pecah
Wortel	0-1,5	pecah

Bahan pangan tertentu sering mengalami kerusakan pada penyimpanan suhu rendah 0-12°C yang disebut *chilling injury*. Berdasarkan kepekaan terhadap *chilling injury* produk pangan dibagi dua yaitu (1) produk peka *chilling injury* dengan suhu optimal 3-13°C dan (2) produk yang tahan terhadap *chilling injury* dengan suhu optimal terendah tetapi tidak menyebabkan pembekuan bahan.

Penyimpanan dingin secara umum bertujuan untuk memperpangjang umur simpan bahan pangan, Tabel 5 memperlihatkan lama simpan beberpa jenis komoditi hasil pertanian yang disimpan pada suhu dingin.

Tabel 5. Lama simpan beberapa jenis komoditi hasil pertanian pada penyimpanan dingin

Komoditi	Suhu (^oC)	RH (%)	Lama simpan
Asparagus	0-2	95	2-3 minggu
Wortel	0	90-95	2-5 bulan
Kembang kol	*0*	90-95	2-4 minggu
Mentimun	7-10	90-95	10-14 hari
Cabe	7-10	90-95	2-3 minggu
Melon	0-4,4	85-90	5-14 hari
Bawang Kering	0	65-70	1-8 bulan
Kentang	5-10	93	2-5 bulan
Tomat (masak)	7-10	85-90	4-7 hari
Tomat (hijau)	12-20	85-90	1-3 minggu
Semangka	4,4-10	80-85	2-3 minggu
Apel	1-4,4	90	3-8 bulan
Avokat	4,4-12,5	85-90	2-4 minggu
Mangga	12	85-90	2-3 minggu
Nenas	7-12,5	85-90	2-4 minggu
Pepaya	7	85-90	1-3 minggu

Gejala *chilling injury* pada bahan pangan yang disimpan pada suhu dingin bervariasi tergantung pada jenis bahan pangan namun secara umum terdapat 3 jenis gejala *chilling injury* yaitu:

1. Terjadinya bintik-bintik coklat sampai hitam dan kerusakan jaringan kulit, daging buah disertai pewarnaan coklat (browning)

2. Pada biji yang akan dibuat bibit menyebabkan pertumbuhan menurun
3. Pada umbi-umbian, tektur bagian tengah menjadi keras dan jika dimasak tetap keras.

BAB 5
TEKNOLOGI PEMBEKUAN

Pembekuan merupakan suatu tindakan pengawetan bahan pangan pada mana panas dikeluarkan dari bahan pangan dan suhu bahan pangan sampai di bawah suhu titik beku. Pada pembekuan bagian air dalam pangan berubah menjadi kristal es sehingga aktivitas air rendah. Teknologi pembekuan bahan pangan mempunyai beberapa keuntungan antara lain masa simpan pangan lama, mutu produk dapat dipertahankan, dapat menunjang ketersediaan bahan pangan dalam jangka waktu cukup lama serta kerusakan mikrobiologis dapat dikendalikan. Penerapan teknologi pembekuan untuk tujuan pengawetan bahan pangan berdasarkan kemampuan pembekuan untuk mengontrol aktivitas mikroba, aktivitas enzim, aktivitas pasca panen lainnya serta penerapan *blanching* untuk beberapa komoditi sayuran.

Pertumbuhan mikroba merupakan salah satu faktor penyebab utama kerusakan pangan. Pertumbuhan mikroba dapat dihambat pada pembekuan karena :

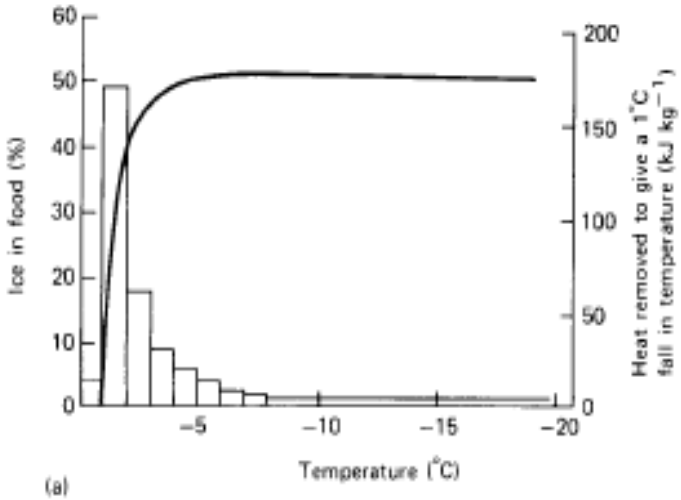
1. Aktivitas fisiologis dan metabolisme mikroba terhambat karena suhu tidak optimum dan adanya pembentukan kristal es.

2. Jumlah komponen bahan pangan yang dapat digunakan mikroba menurun akibat pembekuan dan penurunan aktivitas air

3. Perubahan osmotik dalam cairan sel

Secara alami bahan pangan mengandung komponen reaktif yang dapat menggiring ke arah kerusakan bahan pangan. Enzim vitamin, asam dan komponen lemak merupakan komponen pangan yang reaktif dan dapat berperan sebagai pemula kerusakan. Reaktifitas komponen bahan pangan dapat ditekan dengan penerapan teknologi pembekuan. Setiap penurunan suhu 8°C kecepatan reaksi berkurang sekitar 50%.

Aktivitas enzim dalam bahan pangan setelah panen masih terjadi sampai bahan pangan tersebut dikonsumsi. Aktivitas enzim tergantung suhu dan pH. Aktivitas enzim pada suhu -73°C masih terjadi namun laju reaksi yang dikatalisisnya sangat lambat. Aktivitas enzim pada suhu 0 sampai -9°C masih relatif besar karena pada suhu tersebut masih terdapat air yang tidak berbentuk kristal. Reaksi enzimatis menurun tajam pada suhu di bawah -9°C, semakin rendah suhu pembekuan semakin banyak jumlah air yang terkristalisasi. Gambar 8 memperlihatkan kurva pembentukan kristal es pada bahan pangan selama pembekuan.



Gambar 8. Kurva pembentukan kristal es pada pembekuan pangan

Komponen bahan pangan, terutama lemak dan vitamin mudah teroksidasi. Ketengikan lemak akibat oksidasi tidak terjadi pada suhu lebih rendah dari -34°C. Oksidasi vitamin C yang dapat menyebabkan kecoklatan bahan pangan dapat dihindari pada suhu pembekuan -12°C.

Panas adalah energi yang dipindahkan karena adanya perbedaan suhu sumber dengan suhu produk. Panas spesipik adalah jumlah panas yang bertambah atau berkurang oleh satu unit masa produk untuk menghasilkan satu unit perubahan suhu tanpa perubahan keadaan (Kj/kg C). Panas sensibel adalah panas yang ditambahkan dari perubahan suhu material dan dapat dirasakan.

Panas laten adalah panas yang dibutuhkan untu mengubah keadaan fisik material pada suhu tetap. Titik beku bahan pangan bervariasi tergantung pada kandungan air dan komposisi pangan. Tabel 6 memperlihatkan titik beku beberapa jenis bahan pangan.

Tabel 6. Titik beku beberapa jenis bahan pangan

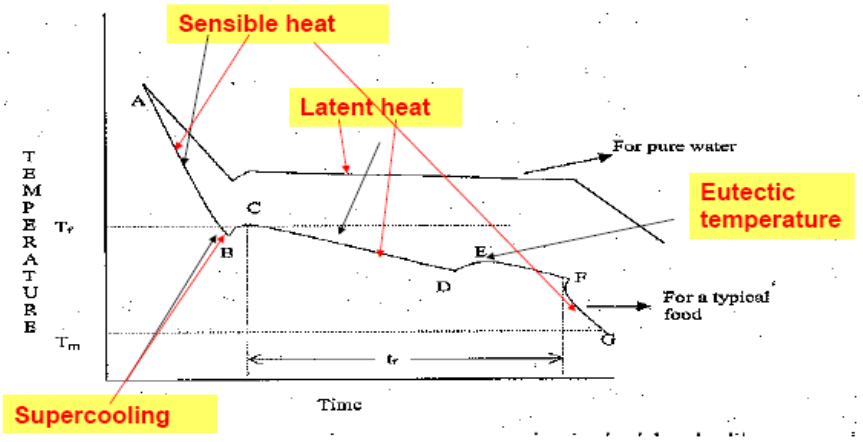
Bahan pangan	Kandungan air (%)	Titik beku (^oC)
Sayuran	78-92	-08 sampai -2.8
Buah	87-95	-0.9 sampai -2.7
Daging	55-70	-1.7 sampai -2.2
Ikan	65-81	-0.6 sampai -2.0
Susu	87	-0.5
Telur	74	-0.5

Air pada keadaan cair mempunyai berat jenis lebih tinggi dari pada es, pada suhu 4^oC berat jenis air = 1 dan ketika dibekukan pada suhu 0^oC berat jenis 0,917 oleh karena itu es terapung dalam air. Walaupun sebagian besar bahan pangan terdiri dari air, tetapi bahan pangan banyak mengandung material terlarut. Material yang terlarut secara perlahan bergerak dari molekul air dan membeku pada suhu rendah (titik beku). Titik beku bahan pangan bervariasi tergantung

pada jenis bahan sebagai contoh titik beku buah dan sayuran 29-30°F sedangkan titik beku daging dan ikan 27-28°F

Gambar 8. Berat jenis air dan es

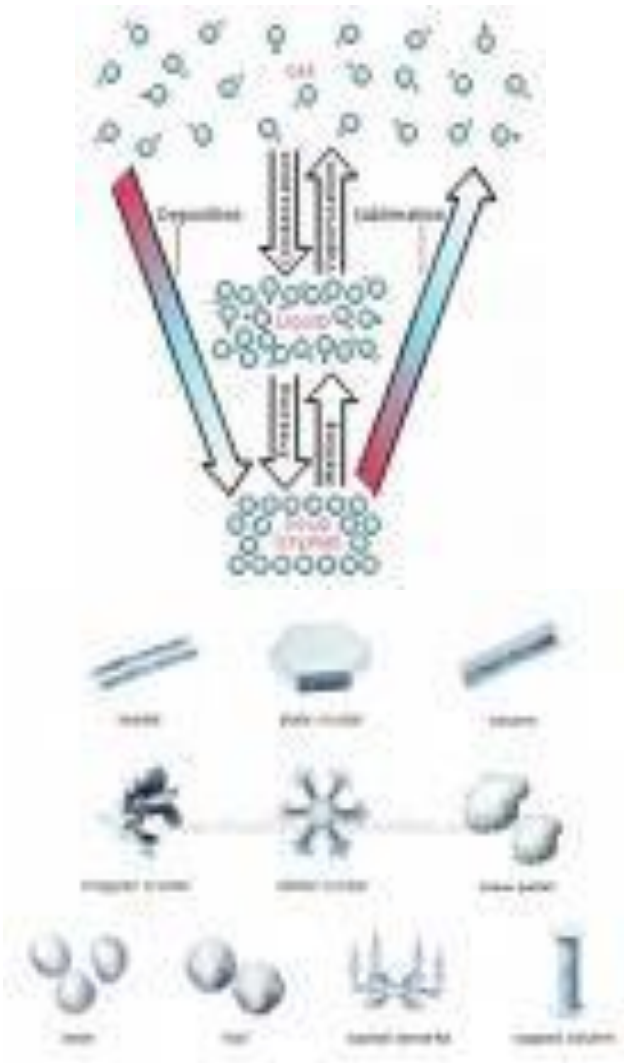
Proses pembekuan pangan mengikuti kurva sebagai berikut:



Gambar 9. Kurva pembekuan pangan

Gambar 9 memperlihatkan kurva pembekuan bahan pangan. Bahan pangan yang mempunyai suhu awal (titik A) akan didinginkan sampai mencapai suhu beku dengan suhu kurang dari 0^oC (titik B). Pada titik B belum semua komponen cairan panganr membeku dan masih terdapat cairan walaupun suhu < 0^oC. fenomena tersebut disebut supercooling. Pada supercooling, suhu di bawah titik beku tetapi tidak terjadi pembentukan kristal es (crystallization). Hasil bahan pangan lebih baik karena tidak adanya kristal es. Selanjutnya suhu meningkat dengan cepat dari titik B-C serta mulai terbentuk kristal es dan panas laten kristalisasi dikeluarkan. Setelah panas laten dikeluarkan dari bahan pangan (titik C-D), sebagian besar es telah dibentuk dalam pangan, cairan yang tidak membeku sebagai akibat peningkatan konsentrasi solut oleh karena itu suhu sedikit menurun. Sebagian solut menjadi jenuh dan kristal es dikeluarkan (titik D-E), kristal es dikeluarkan, panas laten dari kristalisasi dikeluarkan dan suhu meningkat ke arah titik eutektik untuk solut. Titik eutektik adalah suhu dimana tidak ada lagi konsentrasi solut yang membeku. Titik eutetik merupakan suatu keadaan yang mana suatu kristal solut keluar dari titik keseimbangan bergabung dengan cairan yang tidak membeku dan es. Suhu eutetik bervariasi antar jenis

bahan pangan sebagai contoh suhu eutetik es krim -55°C, daging -50 s/d -60°C, roti (bread) -70°C tergantung pada komposis bahan pangan. **S**uhu campuran air dan es turun ke suhu beku (titik F-G), terdapat presentase air yang tidak dalam jumlah kecil, pangan yang beku dibawah titik E dalam bentuk gelas yang tercakup pada kristal es. Suhu transisi gelas (Tg) adalah suhu dimana terjadi transisi perubahan bentuk produk dari keadaan elastis ke keadaan gelas (keras). Perubahan bentuk gelas dipengaruhi oleh tekstur bahan pangan dan stabilitas penyimpanan.



Gambar 10. Pembentukan kristal es pada pembekuan pangan

Proses pembentukan dan pertumbuhan kristal es pada bahan yang dibekukan berpengaruh terhadap kualitas produk. Gambar 10 memperlihatkan proses pembekuan dan berbagai bentuk kristal es

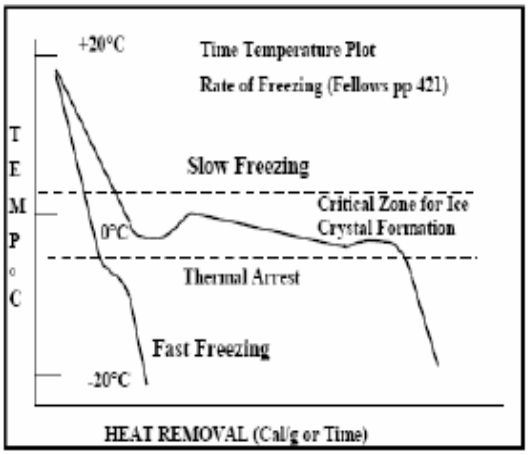
bahan pangan yang dibekukan. Pembentukan inti kristal es (nucleation) berhubungan dengan molekul dan menyediakan petumbuhan kristal dapat homogenous (air murni), heterogen (kebanyakan pangan) dan dinamik (spontan). Pertumbuhan kristal yaitu pembesaran inti kristal karena adanya penambahan molekul. Pertumbuhan kristal dapat terjadi pada suhu dibawah titik leleh pada suhu dimulainya pembentukan inti (supercooling). Tansfer panas bertanggung jawab terhadap terbatasnya laju kristalisasi karena besarnya panas laten yang dibutuhkan.

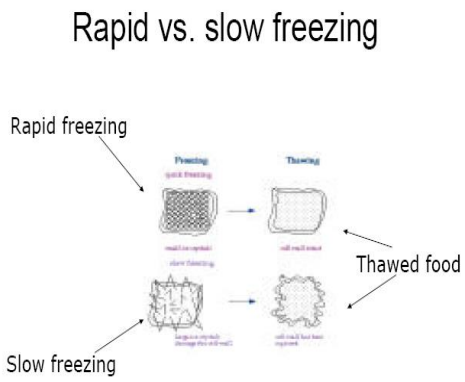
Pertumbuhan kristal es pada proses pembekuan terdiri atas beberapa tahap yaitu:

1. Air dalam ruang antar sel membeku terlebih dahulu karena jumlah solut lebih sedikit
2. Pembekuan air dalam ruang antar sel menyebabkan perbedaan tekanan sehingga uap air bergerak dari dalam sel ke luar sel
3. Pertumbuhan kristal es dalam intrasel
4. Laju pertumbuhan dan ukuran kristal dipengaruhi oleh kecepatan pembekuan
5. Laju pembekuan lambat ukuran kristal es besar dan berada di antara sel

6. Laju pembekuan cepat, ukuran kristal es kecil berada dalam sel dan antar sel

Berdasarkan kecepatan pembekuan terdapat dua jenis teknik pembekuan yaitu pembekuan lambat dan pembekuan cepat. Perbandingan laju pembekuan lambat dan cepat diperlihatkan pada Gambar 11.





Gambar 11. Kurva pembekuan cepat dan lambat pada bahan pangan

Pembekuan lambat mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: kecepatan pendinginan kurang dari 1°C/menit, kristal es terbentuk di ekstraselular, kristal es berukuran besar, dislokasi air maksimum serta cairan di luar sel bersifat hipertonik sehingga air sel akan bergerak keluar sehingga sel kering dan keriput. Sedangkan pembekuan cepat mempunyai ciri-ciri tidak ada kesempatan air sel keluar sehingga permukaan tidak kering dan tidak keriput, kristal es yang dihasilkan kecil dan berada di dalam dan antar sel (extra dan intra selular), jumlah kristal es lebih banyak, dislokasi kristal es minimum, kualitas produk lebih baik dan hampir sama dengan segar

Laju pembekuan bahan pangan bervariasi, faktor-faktor yang mempengaruhi laju pembekuan adalah karakteristik bahan pangan (komposisi dan kapasitas pengikatan air yang bervariasi), konduktivitas termal, perbedaan suhu, ukuran bahan (volume dan luas) dan adanya efek penghambat (udara atau pengemas).

Pembekuan dapat berpengaruh terhadap karakteristik bahan pangan. Efek pembekuan terhadap bahan pangan terdiri atas:

1. Volume bahan pangan yang banyak mengandung air meningkat karena volume es 9% lebih besar daripada air.

2. Konsentrasi kimia dalam fase cair meningkat sehingga tingkat keasaman meningkat dan pada pH rendah, protein pangan terdenaturasi

Perubahan volume es serta konsentrasi kimia dalam cairan dapat menyebabkan berbagai perubahan kimia dan karakteristik bahan pangan. Jenis perubahan kimia sebagai akibat pembekuan adalah perubahan cita rasa dan bau, degradasi pigmen, pencoklatan enzimatis, autooksidasi asam askorbat, tingkat kelarutan protein menurun dan oksidasi lemak

Pengaruh pembekuan yang paling umum terjadi pada bahan pangan adalah *freeze burning, drip,* kehilangan sifat fungsional bahan, rekritalisasi dan reaksi kimia. Perubahan bahan pangan akiibat pembekuan bervariasi tergantung pada konsentrasi awal substrat, pH. aktivitas air dan konsentrasi oksigen. waktu dan suhu pembekuan serta penanganan dan pengolahan bahan. Perubahan bahan pangan akibat pembekuan dapat dicegah dengan tindakan inaktivasi enzim, penyimpanan suhu rendah sebelum pembekuan, peningkatan pH dan pengeluaran oksigen.

Inaktivasi enzim dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia atau pemanasan sebelum bahan pangan dibekukan.

Penambahan asam askorbat. Belerang oksidan atau asam sitrat pada buah-buahan dan perlakuan pemanasan (blancing) pada sayuran dapat dilakukan untuk inaktivasi enzim.

Terdapat tiga tipe dan sistem alat pembekuan bahan pangan yaitu kontak langsung. Kontak tidak langsung dan kontak langsung dengan cairan pendingin. Tipe kontak langsung pada umumnya dilakukan dengan udara dingin sebagai medium yang akan kontak langsung dengan bahan pangan. Pada tipe kontak tidak langsung. bahan pangan tidak bersentuhan dengan pendingin tetapi bersentuhan dengan permukaan (pelat) yang telah didinginkan terlebih dahulu. Kontak langsung dengan cairan pendingin yaitu dengan cara merendam atau menyemprot bahan pangan dengan cairan pendingin (nitrogen cair. CO_2 dll).

Pemilihan alat pembekuan tergantung pada harga (biaya). laju pembekuan yang diinginkan. bentuk dan ukuran serta jenis pembukan curah atau kontinyu.

BABVI
PROSES TERMAL

Sejarah aplikasi proses termal untuk pengawetan pangan sudah dimuulai pada saat Nicholas Appert dari Perancis memasukan bahan pangan ke dalarn botol gelas, kemudian menutup dan memanaskannya dalam air mendidih, ternyata bahan pangan tidak busuk. Proses termal merupakan pengolahan atau pengawetan pangan dengan suhu tinggi (panas) untuk menonaktifkan bakteri dan enzim. Pangalengan pangan merupakan contoh aplikasi proses termal. Proses termal merupakan salah satu metode penting yang digunakan dalam pengolahan pangan karena:

1. memiliki efek yang diinginkan pada kualitas pangan (kebanyakan makanan dikonsumsi dalam bentuk yang dimasak);
2. memiliki efek pengawetan pada pangan melalui destruksi enzim dan inaktivitasi mikroorganisme, serangga, dan parasit;
3. destruksi atau penghancuran komponen-komponen anti nutrisi, misalnya inhibitor tripsin pada kacang-kacangan;
4. perbaikan ketersediaan beberapa komponen gizi, misal peningkatan daya cerna protein, gelatinisasi pati,dan pelepasan niasin ;
5. kontrol kondisi pengolahan relatif sederhana.

Pemanasan dengan temperatur tinggi dalam waktu lama, secara umum menghasilkan destruksi mikroorganisme dan enzim yang lebih tinggi. Pangan yang dipanaskan pada temperatur tinggi dalam waktu singkat (HTST= *high temperature short time)* memiliki waktu simpan yang sama dengan pangan yang dipanaskan pada temperatur rendah dalam waktu lama (LTLT = *low temperature long time*), namun

pangan yang dipanaskan pada temperatur tinggi dalam waktu singkat memiliki retensi sifat-sifat sensori (seperti rasa, warna, aroma, tekstur) dan nilai-nilai gizi yang lebih baik sehingga proses HTST lebih menguntungkan dibandingkan LTLT.

Bentuk proses termal

Berdasarkan bentuk panas yang digunakan, proses termal dapat dibedakan atas empat jenis, yaitu:

1. proses termal dengan menggunakan uap (*steam*) atau air sebagai media pembawa panas yang dibutuhkan, prose ini meliputi blansir (*blanching*), pasteurisasi, sterilisasi, evaporasi, dan ekstrusi;
2. proses termal dengan menggunakan udara panas, yaitu dehidrasi (pengeringan) dan pemanggangan;
3. proses termal dengan menggunakan minyak panas, yaitu penggorengan (*frying*); proses termal dengan menggunakan energi iradiasi, yaitu pemanasan dengan gelombang mikro (*microwave*) dan radiasi inframerah.

Blansir

Blansir adalah pemanasan pendahuluan yang biasanya dilakukan sebelum proses pembekuan, pengeringan, dan pengalengan pangan. Blansir bertujuan untuk menonaktifkan enzim yang terdapat dalam pangan seperti buah dan sayuran. Blansir juga bertujuan untuk menghilangkan gas dari bahan pangan, menaikkan suhu bahan pangan, membersihkan bahan pangan, melunakkan/melemaskan bahan pangan sehingga mudah dalam pengepakan di dalam kaleng.

Media panas yang digunakan untuk blansir adalah air panas, uap panas, atau udara panas pada suhu sekitar 90°C selama 3 – 5 menit, namun suhu dan lama pemanasan

blansir bervariasi tergantung pada jenis bahan pangan. Untuk mendapatkan warna sayuran yang tetap segar sangat baik digunakan kombinasi panas dan pendingin yang sangat cepat.

Pasteurisasi

Pasteurisasi merupakan perlakuan panas di bawah titik didih air atau di bawah suhu sterilisasi. Pasteurisasi bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen tetapi tidak membunuh mikroorganisme pembusuk dan nonpatogen. Pasteurisasi dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Low Temperature Long Time: suhu 63°C selama 30 menit.
2. High Temperature Short Time suhu 72°C selama 15 detik.

Pengawetan pangan dengan Pasteurisasi umumnya disertai dengan cara pengawetan lain, misalnya penyimpanan dingin susu pasteurisasi sehingga masa simpan pangan lebih lama. Susu pasteurisasi yang disimpan dalam lemari es selama 1 minggu atau lebih tidak terjadi perubahan cita rasa yang nyata, tetapi jika susu tersebut disimpan pada suhu kamar maka akan menjadi busuk dalam 1 atau 2 hari.

Sterilisasi

Sterilisasi merupakan istilah yang digunakan untuk membebaskan bahan dari semua mikroba. Sterilisasi biasanya dilakukan pada suhu yang tinggi misalnya 121°C selama 15 menit. Waktu yang diperlukan untuk sterilisasi bergantung pada besarnya bahan atau pengemas (kaleng) yang digunakan dan kecepatan perambatan panas dari pangan tersebut. Selama proses sterilisasi. beberapa perubahan dapat terjadi dan menyebabkan menurunkan mutu pangan. Oleh karena itu, jumlah panas yang diaplikasikan harus diperhitungkan sehingga tidak merusak atau mengurangi mutu

pangan. Bahan pangan yang dikemas dalam kaleng atau botol umumnya dilakukan sterilisasi komersial pada suhu 121°C selama 30–60 menit. Sterilisasi komersil dapat membunuh mikroba patogen, mikroba penghasil toksin, dan pembusuk pangan tetapi mikroba non-patogen atau sporanya masih dapat ditemukan dalam fase dorman yang tidak dapat berkembang setelah pemanasan. Pangan yang dikalengkan dan disterilisasi secara komersial biasanya tahan sampai setengah tahun lebih. Sterilisasi dikenal dengan istilah UHT (*Ultra High Temperature*) yaitu sterilisasi pada suhu 150°C selama beberapa detik.

Penentuan suhu pemanasan

Pada awal aplikasi metode Appert dalam bentuk proses pengalengan, masih banyak masalah kebusukan pangan yang disebabkan ketidakcukupan panas untuk memusnahkan mikroba yang terdapat dalam pangan. Kecukupan panas merupakan kombinasi antara pengunaan suhu dan waktu untuk memusnahkan mikroba. Kecukupan panas dapat diperoleh dengan memberikan panas yang tinggi dalam waktu singkat atau panas rendah dalam waktu lama.

Energi panas tidak hanya mempengaruhi sel mikroba secara utuh tetapi juga akan mempengaruhi setiap komponen sel termasuk struktur molekul dan reaksi yang berlangsung di dalam sel. Ketahanan panas mikroba tergantung pada kestabilan instrinsik makromolekul sel seperti RNA, ribisoma, asam nukleat, enzim, protein dan membran. Kerusakan sel mikroba karena panas berkaitan dengan terjadinya perubahan-perubahan pada RNA sehingga tidak dapat berfungsi dalam biosintesis protein dengan baik (Coote et al 1991). Pemanasan menyebabkan kerusakan membran sel sehingga kandungan Mg++ dalam sel turun drastis dan mengakibatkan ribosoma tidak stabil (Hurst. 1984).

Mikroba dapat beradaptasi dan bertahan terhadap perlakuan panas dengan mengubah bentuk menjadi spora. Mikroba pembentuk spora yang paling penting adalah dari genera *Bacillus* dan *Clostridium* dan yang dapat menyebabkan keracunan adalah *B. Creus, C. botulinum* dan *C. perfringens*. Berbeda dengan sel vegetatif, spora mempunyai protoplas dan membran sel yang diselimuti oleh korteks yang terutama terdiri dari peptidoglikan. Ketahanan panas spora dipengaruhi oleh suhu pertumbuhan optimalnya, kandungan air protoplas, kandungan mineral total dan mineral spesipik serta suhu sporulasi dan ukuran korteks (Gerhardt dan Marquis. 1989).

Mikroba termofilik pada umumnya mempunyai suhu minimum pertumbuhan 45°C. Suhu optimum 50-60°C dan suhu maksimum 70°C atau lebih. Ciri mikroba termofilik adalah germinasi spora dan pertumbuhan selnya yang terjadio sangat cepat dan beberapa mempunyai waktu generasi (waktu membelah) sangat cepat yaitu setiap 10 menit pada suhu optimum (Jay, 2000). Oleh karena itu proses termal yang tidak cukup pada pangan dan diikuti dengan penyimpanan pangan pada suhu hangat (50-60°C) dapat mengakibatkan bakteri ini mencapai jumlah yang tinggi di dalam pangan. Contoh bakteri termofilik adalah *Clostridium thermosaccharolyticum, Bacullus stearothermophilus* dan *Desulfotomaculum nigrificans*. Bakteri tersebut bukan bakteri patogen tetapi sering ditemukan pada makanan kaleng yang asam.

Ketahanan panas mikroba termofilik diduga disebabkan oleh adanya enzim dan ribosoma yang tahan panas serta adanya ion Mg++ yang merupakan kation kovalen yang memperkuat integritas membran protoplas. Kandungan asam amino hidrofobik yang lebih tinggi pada enzim mikroba termofilik dibandingkan dengan mikroba mesofilik mengakibatkan ketahanan panas enzim lebih tinggi. Komposisi basa pada rRNA mikroba mempengaruhi stabilitasnya terhadap panas, dan rRNA dengan kandungan G-C (guanin-

sitosin) lebih tinggi pada mikroba termofilik menyebabkan ketahanan panas yang lebih tinggi karena kandungan ikatan hidrogen yang lebih banyak (Jay, 2000).

Perambatan panas dalam bahan pangan dapat berjalan secara konduksi, konveksi, atau radiasi. Dalam pengalengan pangan, perambatan panas biasanya berjalan secara konveksi dan konduksi. Sifat perambatan panas ini perlu diperhatikan untuk menentukan jumlah panas optimum yang harus diberikan pada pangan yang dikalengkan.

Konduksi adalah perambatan panas dengan cara mengalirkan panas dari satu partikel ke partikel lainnya tanpa adanya pergerakan atau sirkulasi dari partikel tersebut. Perambatan panas secara konduksi dapat dilakukan pada pangan berbentuk padat *corned beef*. Konveksi adalah perambatan panas dengan cara mengalirkan panas dengan pergerakan atau sirkulasi. Perambatan panas jenis ini terjadi pada pangan berbentuk cair, seperti sari buah. Kombinasi perambatan panas secara konduksi dan konveksi terjadi pada pangan yang mengandung bahan padat dan cair seperti manisan buah-buahan dalam kaleng yang diberi sirup.

Di dalam makanan kaleng dikenal istilah ”*cold point*”, yakni titik atau tempat yang paling lambat menerima panas. *Cold point* untuk bahan-bahan yang merambatkan panas secara konduksi terdapat di tengah atau di pusat bahan tersebut. Adapun *cold point* untuk bahan-bahan yang merambatkan panasnya secara konveksi terletak di bawah atau di atas pusat yakni kira-kira seperempat bagian atas atau bawah sumbu.

Perambatan panas secara konveksi jauh lebih cepat dibandingkan perambatan panas secara konduksi. Oleh karena itu. Perambatan panas pada bahan padat lebih lambat dibandingkan bahan cair. Proses perhitungan penentuan kecukupan panas dapat dilakukan dengan formula sebagai berikut

$$LR = LV = \frac{1}{10^{\frac{121.1-T(t)}{z}}} = 10^{\frac{T(t)-121.1}{z}}$$

LR = lethal rate (laju kematian) = lethal value (LV) = nilai kematian
T = suhu pemanasan
t = waktu pemanasan
LR = dilihat dari kurva LR untuk proses termal

Tabel 6. Laju letal pada berbagai suhu pemanasan

Suhu (oC)	Suhu (oF)	LR (z=10oC)
90	194	0.000776247
95	203	0.002454709
100	212	0.007762471
105	221	0.024547089
110	230	0.077624712
115	239	0.245470892
120	248	0.776247117
121.1	250	1.000000000
125	257	2.454708916
129	264	6.165950019

Tabel 7. Laju letal pada proses pemanasan suhu konstan (100°C).

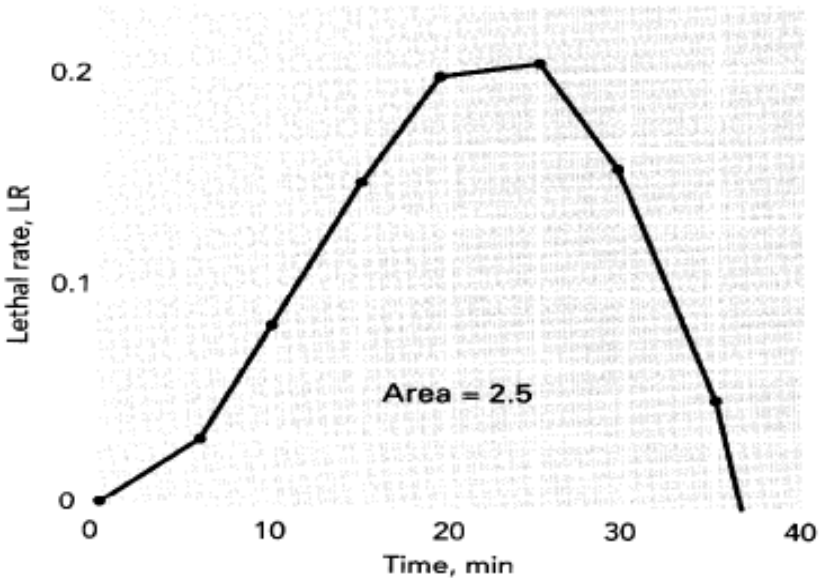
Waktu (min)	Suhu (^{o}C)	LR (z=10°C)
0	100	0.000776247
1	100	0.002454709
2	100	0.007762471
3	100	0.007762471
4	100	0.007762471
5	100	0.007762471
6	100	0.007762471
7	100	0.007762471
8	100	0.007762471
9	100	0.007762471
10	100	0.007762471
11	100	0.007762471
12	100	0.007762471

Total pemanasan = 0.007762 x 12 unit
= 0.10091 unit
Hanya 0.00776 x pengaruh letal pada 121°C
Total letalitas (F0) = LR. t
Diketahui mikroba C mempunyai D_0 = 0.21 menit dikehendaki proses 12 D.
Pemanasan pada suhu 121.1^{o}C = 12 (0.21)= 2.52 men
Pemanasan pada suhu 100°C = 1/LR_{100C} x 2.52 men = 1/0.00776 x2.52 = 324.7 men(5.4 jam).
Pemanasan pada suhu 129°C = 1/LR_{129C} x 2.52 men = 1/6.166 x2.52 = 0.408 men (24.5 det).
Pemanasan pada suhu 50°C = 1/LR_{50C} x 2.52 men = 1/0.0000000776 x2.52 = 32307692.31 men (747.8 bulan).

Tabel 6 dan 7 memperlihatkan laju letal pada berbagai suhu pemanasan dan laju letal pada proses pemanasan suhu konstan pada 100°C. Pada prakteknya efek letal panas untuk sterilisasi umumnya mulai dianggap nyata setelah suhu > 90°C. Namun menurut Teixera tidak terdapat letalitas pada suhu kurang dari 99°C (<210°F).

Tabel 8. Laju letalitas pada waktu dan suhu pemanasan produk dalam kontainer

Waktu (min)	Suhu (^{o}C)	Laju letalitas
0	0	0
6	105.0	0.32
10	109.2	0.083
15	111.9	0.155
19	113.0	0.200
25	113.1	0.204
29	112.0	0.158
35	107.4	0.055



Gambar 12. Kurva laju letal berdasarkan waktu

Pengalengan bahan pangan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam aplikasi panas untuk pengalengan pangan adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan bahan mentah (*rawmaterial*), bahan pangan yang akan dikalengkan harus mempunyai kualitas baik untuk menghindari penurunan mutu pangan setelah pengalengan
2. Persiapan sebelum pengalengan perlu dilakukan termasuk pencucian atau pembuangan bagian-bagian yang tidak diperlukan untuk menghilangkan sebagian besar mikroorganisme yang ada di permukaan pangan yang berhubungan langsung dengan udara dan menghilangkan bagian-bagian yang tidak diperlukan sehingga penetrasi atau perambatan panas baik, misalnya pada sayur, bagian batang atau daun yang tua dibuang. Pada proses persiapan ini, terkadang dilakukan perendaman dengan bahan

tertentu, sebagai contoh perendaman ikan dalam larutan garam encer atau pemblansiran sayur-sayuran.

3. Pengolahan dan pengemasan.,sifat bahan pangan akan diolah dan dikemas terutama berasam rendah atau tinggi.

Berdasarkan derajat keasamannya, bahan pangan yang akan diolah dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan, yaitu:

1. Bahan pangan alkalis,., golongan bahan pangan alkalis yang memiliki pH > 7,0 seperti telur tua, soda, *crackers*, dan bubur jagung.
2. Bahan pangan asam rendah. Golongan bahan pangan yang memiliki kisaran pH antara 5,0-6,8. Yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah daging, ikan, unggas, produk susu, dan sayur. Bahan pangan asam rendah membutuhkan panas yang relatif lebih tinggi karena dapat ditumbuhi oleh bakteri mesofil, misalnya *Clostridium botulinum* yang merupakan bakteri penghasil toksin botulin yang dapat berakibat fatal dan organisme termofil pembentuk spora. Mikroorganisme jenis ini dapat dibunuh pada suhu mendekati titik didih air, tetapi spora yang dihasilkan lebih tahan panas sehingga panas yang diberikan harus melebihi titik didih air.
3. Bahan pangan asam. golongan bahan pangan asam memiliki pH antara 3,7 – 4,5. Termasuk ke dalam golongan ini adalah buahbuahan seperti pir, jeruk, tomat, dan sayuran yang ditambahkan cuka sampai pH-nya mencapai kisaran tersebut. Mikroorganisme yang dapat membusukkan bahan makanan ini adalah bakteri, khamir, dan kapang. Golongan bakteri yang sering ditemukan bila pemanasan kurang adalah bakteri asidurik misalnya *Bacillus thermoacidurans*, penyebab produk menjadi asam, yang dapat terjadi pada sari buah tomat.

4. Bahan pangan asam tinggi. Golongan bahan pangan yang memilki pH antara 2,3-3,7. Contoh: buah beri, produk acar, jam, jeli, dan marmalad. Mikroorganisme yang dapat tumbuh adalah bakteri asidurik, khamir, dan kapang yang umumnya mempunyai resistensi rendah terhadap panas.

Terdapat dua faktor yang harus diperhatikan dalam penggunaan panas pada bahan pangan, yaitu:

1. Jumlah panas yang diberikan harus cukup untuk mematikan mikroorganisme pembusuk dan patogen.
2. Jumlah panas yang digunakan sedapat mungkin akan menyebabkan penurunan komponen gizi dan cita rasa yang minimal.

Secara umum terdapat dua metode pengalengan yaitu (1) pengalengan dengan air mendidih (Boiling Water Canning) yang digunakan untuk bahan pangan asam, (2) pengalengan dengan tekanan (Pressure Canning) yang digunakan untuk pangan yang mempunyai keasaman rendah dan beberapa pangan keasaman rendah. Tujuan utama proses termal (proses panas) pada pengalengan adalah untuk merancang kondisi pemanasan sehingga menghasilkan makanan kaleng yang ”steril komersial”. Berbeda dengan *sterilisasi total*, dalam *sterilisasi komersial* masih terdapat beberapa mikroorganisme yang masih dapat hidup setelah pemberian panas (sterilisasi). Namun, karena kondisi dalam kaleng selama penyimpanan yang terjadi dalam praktek komersial sehari-hari, maka mikroorganisme tersebut tidak mampu tumbuh dan berkembang biak, sehingga tidak dapat membusukkan produk yang terdapat di dalam kaleng.

Pada saat ini ilmu dan teknologi pangan telah berkembang pesat sehingga dapat dilakukan perhitungan yang rumit dan teliti untuk menghasilkan “sterilisasi komersial”

yang memungkinkan produk tetap awet tanpa harus banyak mengorbankan nilai gizi, cita rasa, dan tekstur. Prinsip dasar proses termal tersebut diambil dari ilmu termobakteriologi, dengan memanfaatkan kaidah perambatan dan penetrasi panas serta sifat daya tahan panas mikroorganisme khususnya yang berbentuk spora.

Pengalengan merupakan cara pengawetan bahan pangan dalam wadah yang tertutup rapat (hermetis) dan disterilkan dengan panas. Secara garis besar proses pengalengan bahan makanan dilakukan melalui tahap-tahap persiapan bahan mentah, blansir, pengisian bahan ke dalam kemasan, pengisian larutan media, penghampaan udara (*exhausting*), proses sterilisasi, pendinginan, dan penyimpanan.

Persiapan bahan dilakukan dengan pemilihan bahan-bahan yang akan dikalengkan, pencucian, pemotongan menjadi bagian-bagian tertentu dan persiapan bahan untuk pengolahan selanjutnya. Pencucian bertujuan untuk memisahkan bahan dari benda asing yang tidak diinginkan, seperti kotoran, minyak, tanah, dan sebagainya, serta untuk mengurangi jumlah mikroorganisme awal yang sangat berguna dalam efektivitas proses sterilisasi.

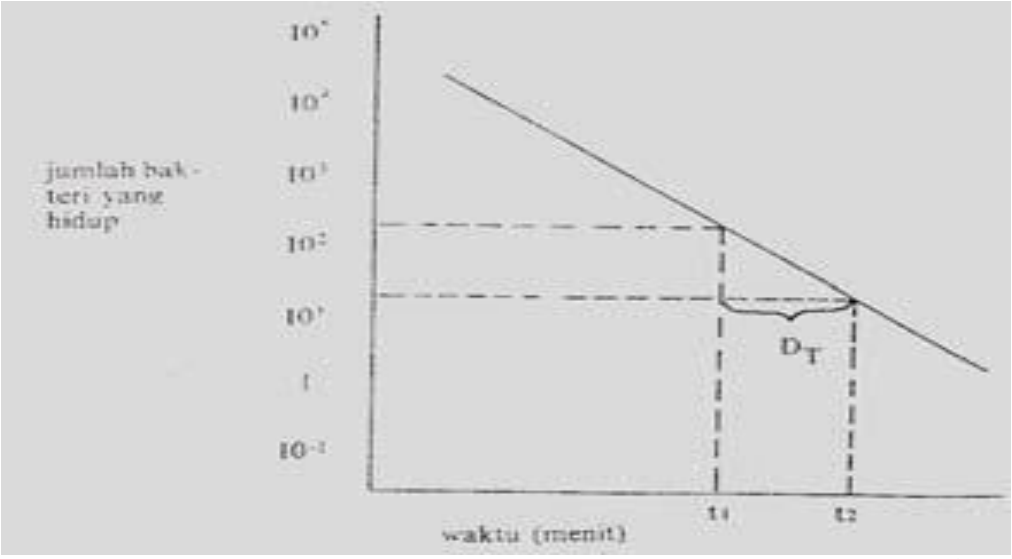
Blansir dilakukan sebelum dilakukan pengisian bahan ke dalam kaleng, bertujuan untuk menghilangkan udara dalam jaringan buah atau sayur, mengurangi jumlah mikroorganisme, memudahkan pengisian ke dalam kaleng karena terjadinya pelunakan bahan dan menginaktifkan enzim. Pengisian bahan ke dalam kemasan harus seragam dengan tujuan untuk mempertahankan keseragaman rongga udara (*head space*), memperoleh produk yang konsisten dan menjaga berat bahan secara tetap.

Penghampaan udara ialah pengeluaran udara yang terdapat dalam kemasan untuk mengurangi tekanan di dalam kaleng selama proses pemanasan. Proses sterilisasi

merupakan metode yang banyak digunakan dalam proses pengawetan bahan pangan yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme yang ada didalamnya, sehingga dapat mencegah terjadinya pembusukan selama penyimpanan dan bahan pangan tersebut tidak membahayakan kesehatan konsumen. Seperti telah diuraikan di atas, proses sterilisasi yang dilakukan dalam pengalengan adalah sterilisasi komersial yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme pembusuk/ patogen dan sporanya. Bahan pangan yang diproses dengan sterilisasi komersial kebanyakan dikemas pada kondisi anaerobik, sebab spora mikroorganisme anaerobik biasanya mempunyai ketahanan panas lebih rendah dibandingkan spora aerobik sehingga suhu dan waktu proses sterilisasi dapat lebih rendah. Selain itu, pencegahan rekontaminasi mikroorganisme anaerobik lebih mudah dan pada kondisi tersebut dapat dicegah terjadinya reaksi oksidasi yang dapat timbul selama proses pemanasan. Bakteri yang paling tahan panas dan berbahaya bagi kesehatan manusia serta dapat ditemukan dalam makanan kaleng dalam kondisi anaerobik adalah *Clostridium botulinum*. Bakteri tersebut termasuk bakteri pembentuk spora yang dapat menghasilkan racun botulin yang mematikan. Bakteri lain yang juga menghasilkan spora serta dapat menyebabkan kebusukan bahan tetapi bersifat nonpatogen adalah PA 3679 (Putrefactive Anaerob) dan *Bacillus stearo-thermophilus* (FS 1518). Ke-dua bakteri ini memiliki daya panas lebih tinggi dibandingkan *C. Botulinum* sehingga jika panas yang diberikan cukup untuk membunuh kedua bakteri tersebut, diharapkan *C. botulinum* dan bakteri-bakteri patogen lainnya akan mati.

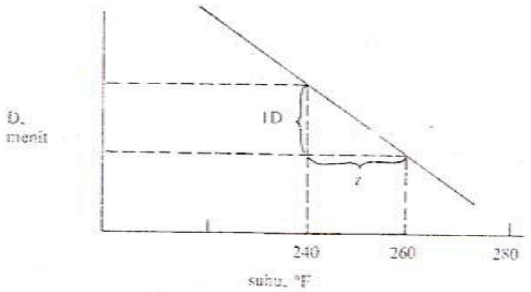
Jumlah bakteri yang mati oleh panas dapat digambarkan sebagai kurva yang bersifat logaritmik (Gambar 12). Harga DT adalah waktu dalam menit yang dibutuhkan untuk membu-nuh 90 persen mikroba yang ada pada suhu tertentu (T ^{o}F). Nilai DT menunjukkan jumlah populasi mikroba yang mati sebanyak 1 satuan log (1 *log cycle*).

Nilai DT juga menunjukkan daya tahan mikroba terhadap panas pada suhu tertentu (T oF). Jadi, makin tinggi harga D, maka mikroba tersebut makin tahan panas.



Gambar 13. Kurva kematian bakteri secara logaritmik pada suhu T^{o}F

Gambar 13 memperlihatkan bahwa pada waktu t1 jumlah mikroba misalnya 10^2, maka pada waktu t2 jumlah mikroba yang masih hidup sebanyak 10^1. Jadi, jumlah mikroba yang mati adalah 90 atau sama dengan 90 persen dari jumlah mikroba pada t1. Untuk menentukan kurva kematian mikroba dapat juga digunakan harga z, yakni jumlah kenaikan suhu (oF) yang dibutuhkan oleh mikroba untuk melalui harga D satu satuan log. Kurva tersebut adalah ”*Thermal Death Time Curve*” (kurva TDT) seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kurva TDT

Untuk sterilisasi bahan pangan berasam rendah (pH diatas 4,5) biasanya digunakan pemanasan selama 12 D (12 D *concept*) yang ditujukan terhadap spora *C. botulinum*. Hal ini berarti kemungkinan terjadinya kebusukan karena *C. botulinum* diperkecil sampai 1/1012, yakni setiap 1012 kaleng hanya 1 yang kemungkinan akan busuk oleh *C. botulinum.* Adapun sterilisasi bahan pangan yang sangat asam (pH di bawah 4,0) biasanya digunakan pemanasan selama 5 D (suhu 250°F) atau kadang-kadang cukup dengan pemanasan pada suhu 212°F (100°C) atau kurang selama beberapa menit.

Pilih mangga matang

⇩

Cuci. kupas

⇩

pulping

⇩

Masukan dalam kaleng panaskan pada suhu 85°C (pH 3.8-4.0)

⇩

Tambahkan sirup gula dan 0.3 % asam sitrat

⇩

Panaskan (82-85°C/ 6-10 min)

⇩

Penguapan lagi

⇩

Panaskan (100°C/30 min)

⇩

Dinginkan

⇩

Simpan

BAB VII
TEKNOLOGI PENGERINGAN

Pengeringan adalah suatu proses pengeluaran air dengan cara penguapan atau sublimasi sebagian atau seluruh air yang terdapat dalam bahan pangan. Pengeringan untuk tujuan pengawetan pangan pada dasarnya memanfaatkan perilaku dan kondisi air serta kondisi lingkungannya, sehingga bahan pangan tersebut dapat diawetkan tanpa banyak mengalami perubahan atau kerusakan pangan akibat pengeringan.

Jumlah air yang terkandung dalam bahan pangan secara total disebut kadar air yang dinyatakan dalam persen berat bahan pangan. Kondisi air dalam bahan pangan diklasifikasikan dalam 2 golongan yaitu (1) air bebas (free water) dan (2) air terikat (bound water). Air bebas (free water) adalah air yang terdapat di permukaan atau pori-pori bahan pangan yang tidak terjadi ikatan secara kimia. Air bebas sangat mudah diuapkan, jika udara atau medium bahan pangan tidak jenuh uap air. Air terikat terdapat dua jenis yaitu (1) air yang terikat menurut sistem kapiler atau sistem absorbsi karena tenaga penyerapan dan ikatan kovalen. Air ini relatif tidak terikat terlalu kuat sehingga masih mudah diuapkan serta (2) air yang terikat menurut suatu sistem dispersi, air kristal atau ikatan ionik sehingga sulit diuapkan.

Secara teoritis, seluruh kandungan air bahan pangan dapat dikeluarkan kecuali air yang secara kimia merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari bahan kering sehingga jika dipaksa dikeluarkan akan menyebabkan kerusakan fisik dan kimia pangan. Bahan pangan yang telah dikeringkan, jika dibiarkan akan melakukan kesetimbangan dengan lingkungan dalam hal kandungan kadar air

Mekanisme pengeringan

Energi yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air dalam pengeringan bahan pangan biasanya berupa energi panas. Energi ini ditujukan untuk dua kepentingan yaitu

1. Energi panas untuk menaikan suhu, dari suhu bahan pangan semula (T_1) ke suhu pengeringan konstan untuk menguapkan air (T_2).
2. Energi panas untuk penguapan air pada suhu T_2 atau energi panas untuk melengkapai panas laten dalam penguapan air pada suhu T_2

$$Qp = m\ c\ (T_2 - T_1)$$

$$Qu = mu\ .Cu$$

Qp = energi panas yang dibutuhkan untuk menaikan suhu bahan (Btu)
m = massa bahan yang dipanaskan (lb)
c = panas jenis bahan (Btu/lb ^oF)
T_1 = suhu awal bahan (^oF)
T_2 = suhu akhir (suhu pengeringan) (^oF)
Qu = energi panas untuk penguapan air (Btu)
mu = masa air yang diaupkan (lb)
Cu = panas laten air pada tekanan dan suhu tertentu

Panas laten air adalah energi panas penguapan satu satuan masa air pada suhu dan tekanan tertentu. Sebagai contoh: bahan pangan mempunyai suhu awal 77°F akan dikeringkan pada suhu 212°F pada tekanan 1 atm. Jika bobot bahan sebelum pengeringan 100 lb dan kadar air setelah pengeringan 20%. Energi panas minimal yang diperlukan adalah :

1. Panas jenis pisang = 0,8 Btu/lboF, panas laten air = 971 Btu/lb (1 atm = 14,7 lb/in^2).
2. Jumlah air yang diuapkan sebesar = (75% x 100 lb) – (20/80 x 100-75/100 x 100 lb) = 68,75 lb.

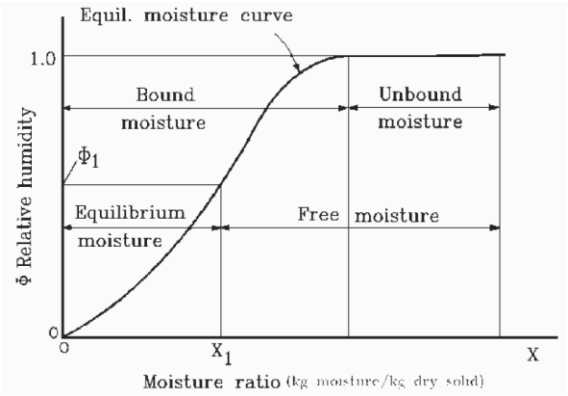
3. Energi panas yang dibutuhkan

$$Q = Qp + Qu$$
$$= (m \cdot c \cdot \Delta T) + (mu \cdot Cu)$$
$$= (100)\ (0{,}8)\ (212\text{-}77) + (68{,}75)\ (971) = 77556{,}25 \text{ Btu}$$

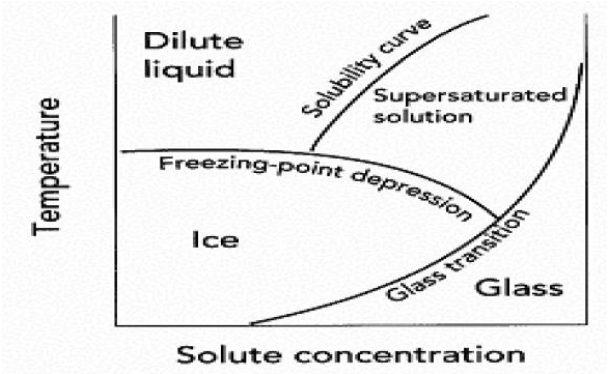
Laju pengeringan suatu bahan diukur dengan banyaknya air yang dikeluarkan per satuan waktu tertentu. Laju pengeringan di bagi dua fase berdasarkan kesinambungan dan kuantitas air yang dikeluarkan per satuan waktu tertentu:

1.Laju pengeringan konstan yang terjadi pada saat pemindahan air bebas. laju pengeringan ini berlangsung singkat karena jumlah air bebas dalam bahan pangan relatif kecil dibandingkan air terikat.

2. Laju pengeringan menurun terjadi pada saat pemindahan air terikat, jumlah air terikat yang menguap makin lama makin lambat karena jumlah air yang semakin kecil akansemakin kuat dipertahankan bahan pangan tersebut dengan ikatan yang lebih kuat daripada air yang keluar sebelumnya. Gambar 15 memperlihatkan kurva kadar air bahan pangan dan Gambar 16 memperlihatkan konsentrasi solut pada berbagai sushu dalam sistem campuran.



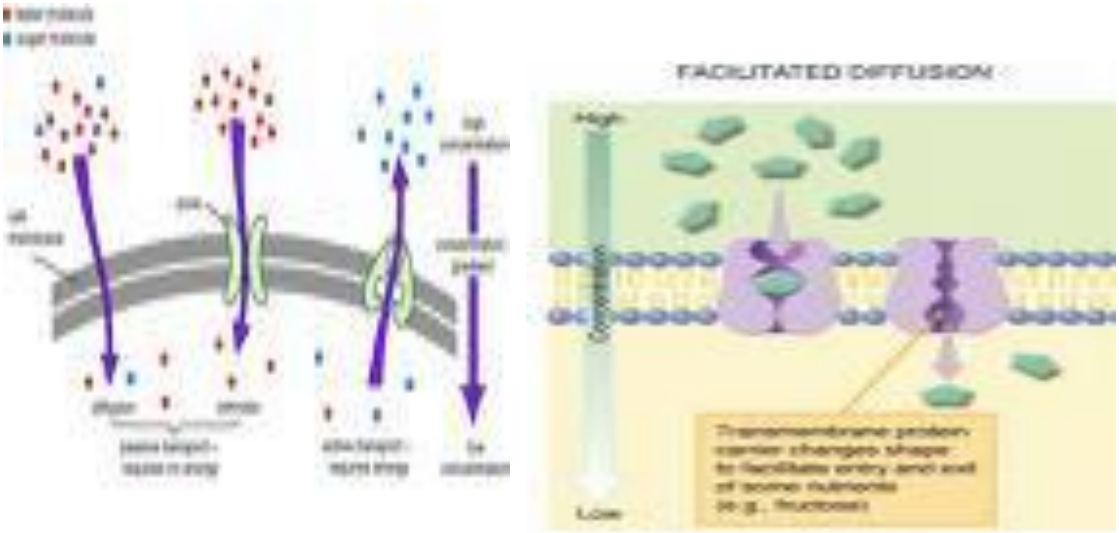
Gambar 15. Kurva kadar air bahan pangan



Gambar 16. Konsentrasi solut pada berbagai suhu dalam sistem campuran

Penurunan laju pengeringan juga dipengaruhi oleh semakin dekatnya kondisi udara dengan derajat kejenuhan uap air (makin besar jumlah air yang teruapkan makin tinggi RH udara kecuali dengan pemanasan atau pengeringan sistem mengalir). Dalam periode laju pengeringan menurun terjadi dua proses pemindahan air yaitu

1. Difusi air dalam bahan pangan yi. dari bagian dalam ke bagian permukaan bahan.
2. Difusi air dalam bentuk uap dari permukaan bahan ke udara atau medium penampungan.

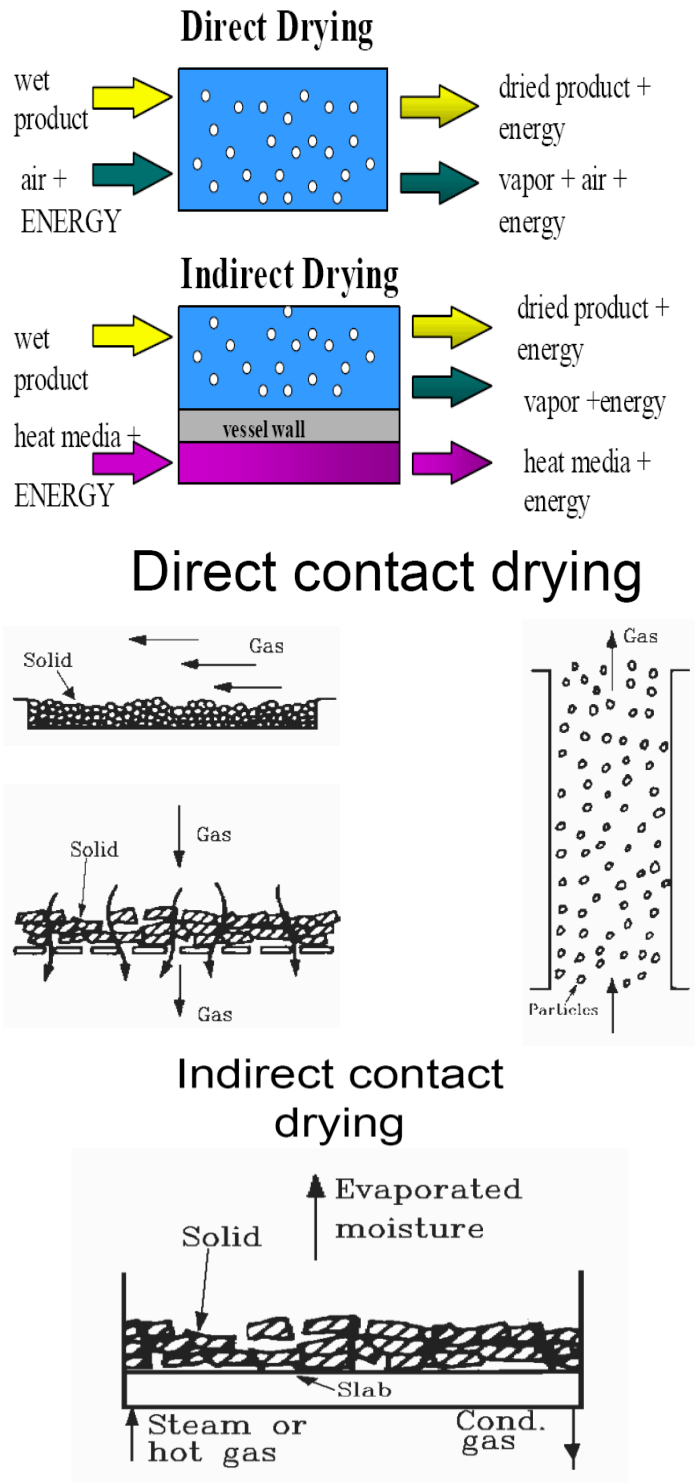


Gambar 17. Perpindahan energi dan massa pada proses pengeringan pangan

Sistem dan aplikasi pengeringan

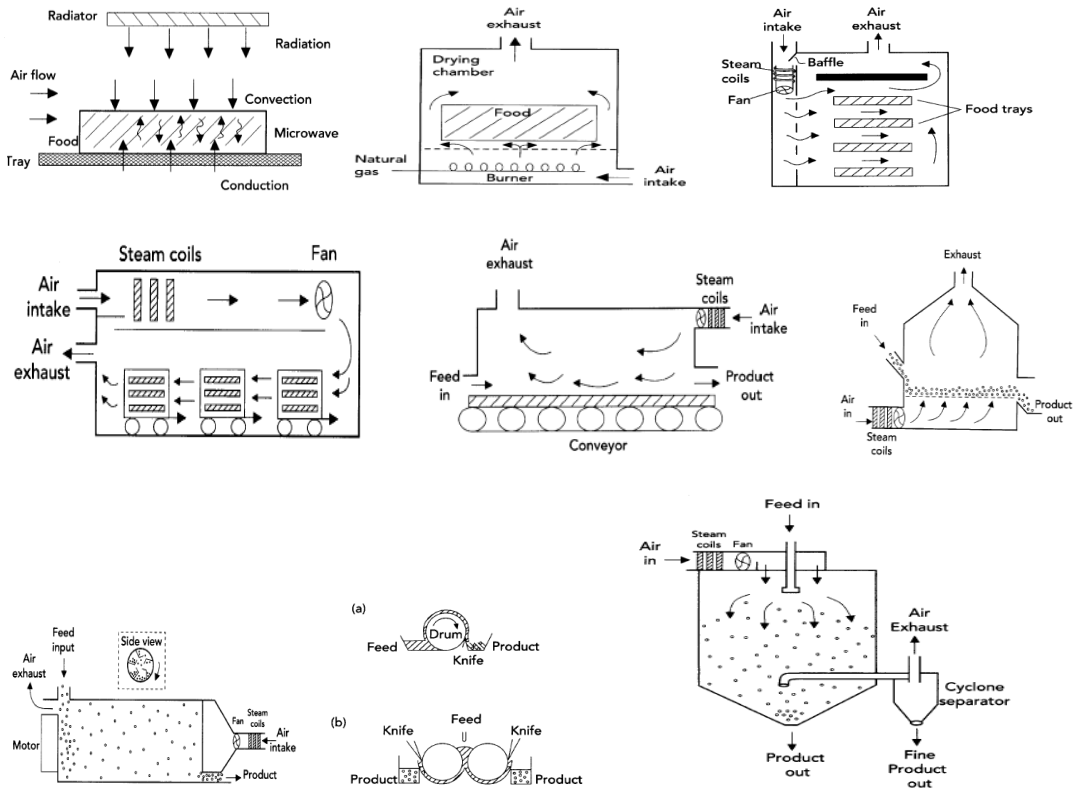
Terdapat dua tipe atau sistem pengeringan pangan yaitu (1) pengeringan alami, pengeringan menggunakan sinar matahari sebagai sumber panas dan (2) pengeringan buatan, pengeringan menggunakan sumber panas selain sinar matahari. Pengeringan alami mempunyai beberapa keuntungan dan kelemahan. Pengeringan alami mempunyai keuntungan relatif murah dan kemampuan pengeringan memadai untuk hasil pertanian terutama biji-bijian dan hasil perikanan. Kelemahan pengeringan alami; kemampuan pengeringan maksimum terendah hanya sampai kadar air keseimbanganya, sangat tergantung cuaca, masalah pencemaran dan kontaminasi.

Pengeringan buatan terdapat tiga alat yaitu tipe konveksi, konduksi dan radiasi. Konveksi umumnya menggunakan udara panas yang dialirkan sehingga energi panas merata ke seluruh bahan. Konduksi umumnya menggunakan permukaan padat (solid surface) sebagai penghantar panas. Radiasi menggunakan pancaran panas untuk mengeringkan bahan pangan. Tipe konveksi merupakan metode pengeringan langsung (direct) yaitu pengeringan dengan cara kontak langsung antara bahan dengan medium pengering. Tipe konduksi merupakan metode pengeringan tidak langsung (indirect) yaitu bahan pangan tidak berkontak langsung dengan medium umumnya terpisah oleh dinding plat. Tipe radiasi merupakan tipe tidak langsung namun transfer panas dilakukan secara radiasi dari sumber energi. Gambar 18 memperlihatkan ilustrasi pengeringan langsung dan tidak langsung pada bahan pangan.



Gambar 18. Ilustrasi pengeringan langsung dan tidak langsung

Jenis alat pengeringan buatan yang digunakan pada bahan pangan terdiri atas pengering rak., pengering terowongan., pengering rol., pengering semprot dsb. Gambar 19 memperlihatkan ilustrasi berbagai tipe pengering bahan pangan.



Gambar 19. Ilustrasi berbagai tipe pengering

Aplikasi dan optimasi pengeringan

Penggunaan teknik pengeringan untuk pengawetan pangan menguntungkan karena produk menjadi lebih awet, lebih ringan dan mempermudah proses pengolahan selajutnya. Faktor yang harus diperhatikan dalam pengeringan; (1) toleransi bahan terhadap suhu, pemanasan yang terlalu tinggi dapat mengurangi germinasi, sifat tanak, nutrisi serta perubahan sifat fisik dan kimia produk. (2) respon bahan terhadap kelembaban, beberapa bahan dapat bersifat sensitif terhadap kondisi kelembaban udara

sehingga pengeringan harus dilakukan pada RH tertentu. (3) ketahanan tekan bahan, karena dalam pengeringan terdapat tekanan tertentu. Buah-buahan akan kehilangan bentuk, tekstur dll., (4) fluiditas bahan, sifat kekentalan bahan berpengaruh terhadap tipe dan jenis pengering. (5) Efisisensi sistem dan alat pengering juga merupakan faktor yang dipertimbangkan dalam aplikasi dan optimasi pengeringan. Efisiensi operasi pengeringan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara panas yang secara teoritis diperlukan untuk menguapkan air (Qp dan Qu) dengan pengunaan panas yang sebenarnya dalam alat pengering. Faktor- faktor lain yang mempengaruhi pemilihan metode pengeringan bahan pangan terdiri atas: tingkat kontaminasi. keberadaan oksigen. resistensi panas organisma atau enzim. penetrasi panas. karakteristik pangan. bahan pengemas. ukuran kontainer dan kualitas Sensori yang diinginkan

Optimasi proses dalam pengeringan bahan pangan dilakukan dengan mengendalikan laju pengeringan. Laju pengeringan yang terlalu cepat pada bahan pangan dengan laju pengeringan menurun dapat menyebabkan kerusakan fisik dan kimia pada bahan pangan. Bentuk kerusakan bahan pangan pada pengeringan seperti Cease hardening (bahan pangan mengeras atau hangus di permukaan) dan Cracking (patah) terjadi karena kecepatan difusi air dalam bahan pangan menuju permukaan tidak dapat mengimbangi kecepatan penguapan air di permukaan bahan pangan. Perubahan umum pangan akibat pengeringan adalah penurunan daya cerna protein, penurunan kadar vitamin, peningkatan ketengikan oksidatif pada lemak, peningkatan pencoklatan enzimatis dan non enzimatis (browning) pada karbohidrat, peningkatan karamelisasi, perubahan warna (pencegahan penambahan sulfit atau blanching) dan perubahan bentuk.

Pengolahan sayur dan buah-buahan kering

Wortel Kering

Wortel

Pemotongan melintang tebal 0,3 cm, diameter 2,5-3 cm

BAB VIII
TEKNOLOGI PENGERINGAN BEKU

Teknologi pengeringan beku merupakan kombinasi teknologi pembekuan dan pengeringan. Berdasarkan prosesnya pengeringan terdiri atas :

1. Pengeringan udara (di bawah pengaruh atmosfir) yaitu proses pemindahan panas menembus bahan pangan dengan udara sebagai pembawa uap air.
2. Pengeringan hampa udara yaitu pengeringan dengan cara konduksi pada tekanan rendah
3. Pengeringan beku yaitu sublimasi air

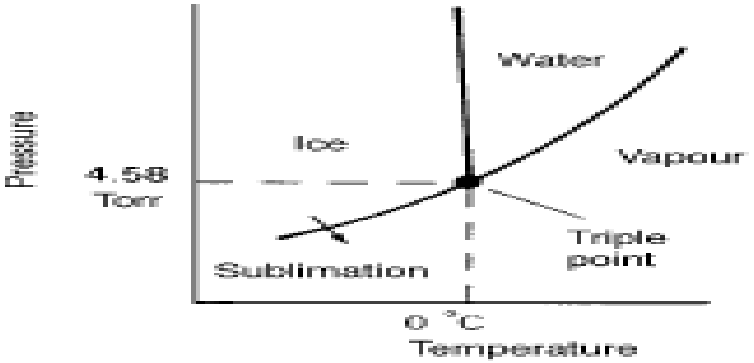
Air dalam bahan pangan dapat terdiri atas tiga bentuk yaitu padat, cair dan gas. Sublimasi merupakan perubahan bentuk padat menjadi uap. Dalam pengeringan beku., air dalam fase padat (es) berubah menjadi air dalam fase uap (uap air) tanpa melawati fase cair. Pengeringan beku (freeze drying) dikenal juga sebagai lyophilization yaitu jenis proses dehidrasi yang digunakan untuk mengawetkan bahan yang mudah rusak. Dalam pengeringan beku, tekanan di sekeliling bahan diturunkan dan dipanaskan untuk mengeluarkan air dari bahan secara langsung dari fase padat ke fase gas (sublimasi). Terdapat tiga tahap dalam pengeringan beku yaitu (1) pembekuan., (2) pengeringan tahap I dan (3) pengeringan Tahap II.

Pada proses pembekuan, panas dikeluarkan dari bahan pangan dan suhu bahan pangan di bawah suhu titik eutetik sehingga kecepatan sublimasi lebih tinggi dibandingkan titik leleh. Bagian air dalam pangan berubah menjadi kristal es sehingga aktivitas air rendah. Berbeda dengan pembekuan. pada pengeringan beku lebih

diinginkan ukuran kristal yang besar oleh karena itu, pembekuan dilakukan dengan laju pembekuan lambat dan proses pengeringan beku lebih mudah karena pengaturan suhu lebih mudah. Medium pendingin yang digunakan *dry ice*, metanol, atau nitrogen cair.

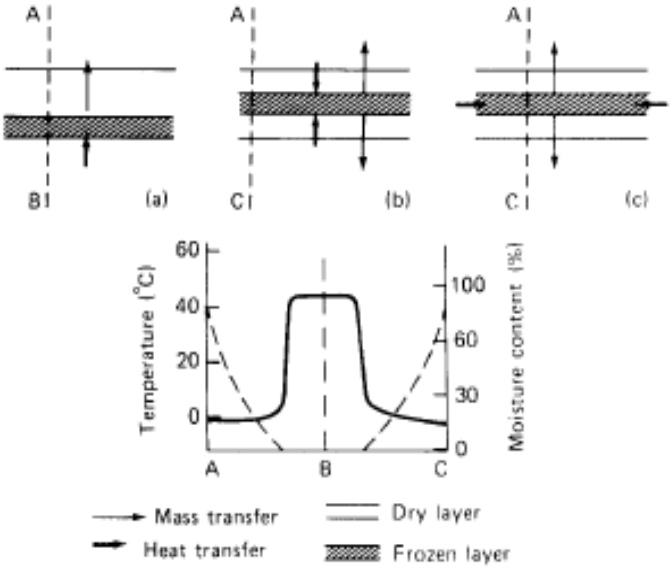
Pada pengeringan tahap I (Primary Drying), tekanan diturunkan dan panas diatur sehingga menyebabkan sekitar 98% air pangan disublimasi, fase ini berjalan lambat karena jika terlalu panas akan mengubah struktur bahan. Pada fase ini, tekanan diatur mendekati hampa udara, untuk delibrate drying proses. Selanjutnya bagian pendingin kondenser resolidify (memadatkan) uap air sehingga berubah menjadi es. Suhu kondeser pendingin di bawah −50°C.

Pengeringan tahap II (Secondary Drying) bertujuan untuk mensublimasikan molekul air yang dapat diserap selama proses pembekuan. Pada fase ini, suhu pengeringan lebih tinggi dibandingkan suhu pengeringan tahap I untuk memecahkan berbagai interaksi kimia-fisik yang dapat terbentuk di antara molekul air dan bahan yang dibekukan. Pada tahap ini juga tekanan diturunkan untuk mencapai proses sublimasi. Setelah proses pengeringan beku lengkap, produk di kemas dalam keaadan hamapu udara, kemasan yang diisi dengan gas inert (nitrogen)



Gambar 20. Diagram hubungan tekanan dengan suhu terhadap perubahan bentuk bahan pangan

Diagram hubungan tekanan dan suhu terhadap perubahan fase padat, cair dan gas. Pada pengeringan beku perubahan yang diharapkan perubahan dari padat ke gas, tanpa melalui fase cair. Panas diperlukan untuk memulai sublimasi (sublimasi panas latent bahan). Uap air akan keluar dari bahan pangan melalui rongga yang terbentuk karena sublimasi es dan pengeluaran uap air. Bahan pangan dikeringkan dalam dua tahap yaitu (1) sublimasi sekitar 15% kadar air dan (2) pengeringan melalui evaporasi (desorpsi) air yang tidak membeku menjadi sekitar 2% kadar air. Desorpsi disebabkan peningkatan suhu dalam pemanas sehingga mendekati suhu diperlukan pada tekanan rendah. Laju pengeringan lebih banyak tergantung pada resistensi pangan terhadap transfer panas dan resistensi terhadap aliran uap air (transfer massa) dari proses sublimasi di bagian depan.



Gambar 21. Diagram transfer massa dan panas pada pengeringan beku

Terdapat tiga metoda transfer panas pada sublimasi : yaitu (1) transfer panas melalui lapisan beku, laju panas ini tergantung pada ketebalan dan konduktivitas termal

lapisan es., (2) transfer panas melalui lapisan yang dikeringkan, laju transfer panas tergantung pada ketebalan dan luas bahan pangan, konduktivitas termal lapisan kering dan perbedaan suhu antara bagian permukaan bahan pangan dan permukaan es. Suhu pada proses pengeringan beku berkisar 40-65°C untuk menghindari denaturasi protein dan perubahan kimia lain yang dapat menurunkan kualitas bahan pangan., (3) pemanasan dengan mikrowave, pada metode ini panas berasal dari bagian permukaan es dan laju transfer panas tidak dipengaruhi oleh konduktivitas termal es atau bahan pangan serta ketebalan lapisan panas. Pemanasan dengan mikrowave sulit dikontrol dan terdapat resiko pemanasan yang terlalu tinggi.

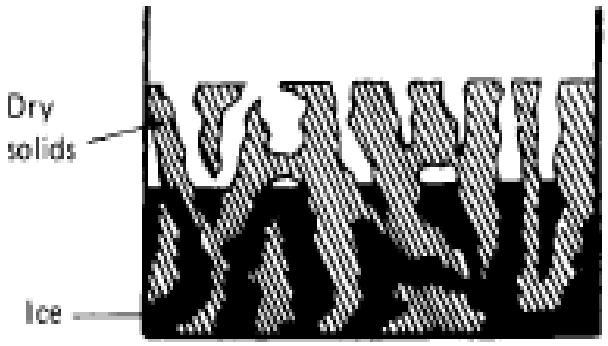


Fig. 22.4 Porous structure of freeze-dried food.

Gambar 22. Struktur porus dari pangan yang dikering bekukan

Secara teoritis, suhu es dapat meningkat sedikit di atas titik beku, yang disebut suhu kolaps, pada keadaan ini matrik struktur pangan menjadi rusak, tidak tegar selama proses ukuran pori mengecil dan menyebabkan terjadinya penahanan uap air.

Efek pengeringan beku terhadap pangan

Bahan pangan yang dikering bekukan mempunyai retensi karakteristik sensori dan kualitas nutrisi yang sangat tinggi dan mempunyai daya awet lebih dari 12 bulan jika dikemas. Komponen aroma yang mudah menguap (volatile) umumnya tidak terikut dalam uap air yang disublimasikan, retensi aroma bahan pangan yang dikering bekukan sekitar 80-100%. Tektur pangan yang dikering bekukan umumnya baik, susut bahan kecil dan tidak menyebabkan case hardening. Pangan yang dikering bekukan mempunyai struktur porous yang terbuka sehingga oksigen dapat masuk dan menyebabkan kerusakan oksidatif pada lemak. Terdapat sejumlah kecil perubahan protein dan karbohidrat serta terdapat perubahan kandungan tiamin dan asam askorbat selama pengeringan beku pangan

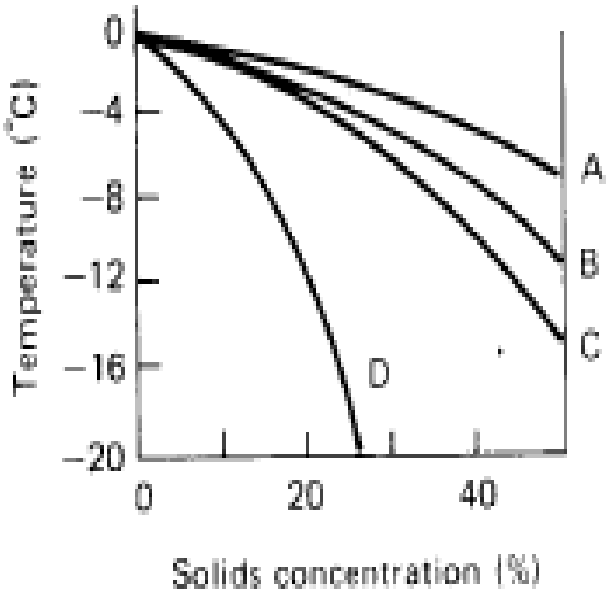
Tabel 9. Temperatur kolap untuk beberapa jenis pangan beku

No	Jenis pangan	Temperatur kolap (^oC)
1	Ekstrak kopi (25%)	-20
2	Jus apel (22%)	-41.5
3	Jus anggur (16%)	-46
4	Tomat	-41
5	Jagung manis	-8 sampai -15
6	Kentang	-12
7	Es krim	-31 sampai -33
8	Keju cheddar	-24
9	Ikan	-6 sampai -12
10	Daging sapi	-12

Sumber: Fellows (2001) dan Fenemma (1996)

Tabel 10. Jenis vitamin yang hilang selama pembekuan pada pangan

No	Jenis pangan	Kehilangan (%)						
		Vitamin C	Vitamin A	Tiamin	Riboflavin	Asam folat	Niasin	Asam pantotenat
1	Buncis	26-60	0-24	-	0	-	10	-
2	Kacang koro (peas)	8-30	5	0	-	-	0	10
3	Jus jeruk	3	3-5	-	-	-	-	-
4	Daging sapi	-	-	2	0	-	0	13
5	Daging babi	-	-	<10	0	-	0	56



Gambar 23. Penuruan konsentrasi solut selama pembekuan

Terdapat dua tipe pengeringan beku yaitu pengring beku gas kering dan pengering beku vakum. Pengering beku gas kering, menggunakan udara kering atau nitrogen, gas

kering ini mengalir melalui partikel yang berfungsi dalam tanfer panas sedangkan pengering beku vakum, dilakukan dalam keadaan hampa udara

Sistem pengeringan beku

Dalam praktek pengeringan beku bahan pangan terdapat dua sistem yaitu pengeringan beku terputus dan kontinyu.

1. Pengeringan beku terputus, pembekuan dilakukan secara terpisah pada setiap tahap proses (pembekuan dan pengeringan). Tipe ini banyak digunakan karena fleksibel dan dapat digunakan dalam skala kecil
2. Pengeringan beku kontinyu, pada sistem ini waktu antar tahap proses pengeringan beku sangat singkat, peralatan pembekuan dan pengeringan diletakan dalam satu sistem tertutup.

Rehidrasi pasca pengeringan beku sering menimbulkan masalah jika kadar air produk jauh di bawah kadar air kesetimbangan, oleh karena itu produk pengeringan beku harus dikemas dengan baik dan tepat.

BAB IX
FERMENTASI PANGAN

Fermentasi pangan merupakan tindakan terkontrol mikroorganime terpilih yang digunakan untuk meningkatkan tekstur pangan, preservasi pangan oleh produksi asam atau alkohol atau untuk memproduksi flavor dan aroma yang dapat meningkatkan kualitas dan nilai bahan baku. Proses fermentasi dalam pengolahan pangan adalah proses pengolahan pangan menggunakan mikroorganisme secara terkontrol untuk meningkatkan keawetan pangan dengan diproduksinya asam dan/atau alkohol untuk menghasilkan pangan dengan mutu dan nilai yang lebih baik. Fermenatasi pangan bertujuan untuk pengawetan pangan (food preservation) yaitu menghambat mikroorganisme dan menghambat mikroorganisme pembusuk serta mengubah karakteristik organoleptik pangan (flavor, textur, odor/bau) dan memproduksi komponen atau produk mikrobiologis tertentu.

Berbagai keuntungan dapat diperoleh dalam pengolahan pangan dengan fermentasi yaitu:

- proses fermentasi dapat dilakukan pada kondisi pH dan suhu normal, sehingga tetap mempertahankan atau bahkan meningkatkan nilai gizi dan sifat organoleptik produk pangan
- karakteristik flavor dan aroma produk yang dihasilkan bersifat khas dan tidak dapat diproduksi dengan teknik atau metode pengolahan lainnya.
- konsumsi energi relatif rendah karena dilakukan pada kisaran suhu normal.
- modal dan biaya operasi untuk proses fermentasi umumnya rendah
- teknologi fermentasi umumnya telah dilakukan secara turun temurun dengan baik

- Fermentasi dapat meningkatkan kadar vitamin dan daya cerna produk

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam fermentasi adalah ketersediaan sumber karbon dan nitrogen serta beberapa nutrisi tertentu yang diperlukan oleh mikroorganisme, pH substrat, suhu inkubasi, kadar air, potensial redoks, fase pertumbuhan mikroorganisme dan ada tidaknya mikroorganisme lain sebagai kompetitor (Fellows, 2000). Struktur pigmen sebagai metabolit sekunder tergantung pada jenis substrat, pH, suhu dan kandungan air media (Pattanagul, *et al*., 2007). Rancangan medium fermentasi seperti komposisi medium merupakan faktor kristis dan merupakan proses penting yang signifikan berpengaruh terhadap hasil produk (Kennedy dan Krouse, 1999; Panda, *et al*., 2007) serta keseimbangan nutrisi yang optimal dari media biakan menentukan produksi produk metabolit sekunder yang maksimal (Ahmad, *et al*., 2009)

1. Jenis sumber karbon

Peran jenis karbon terhadap pertumbuhan *Penicillium* telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Kimura, *et al*., (1999) melaporkan bahwa *P. expansum* tumbuh baik pada media yang mengandung sumber karbón silan atau pektin tetapi tidak tumbuh baik pada media yang mengandung jenis karbon glukosa, fruktosa atau sukrosa. Sindhu, *et al*., (2009) melaporkan bahwa maltosa, amilum dan dektrin merupakan jenis karbon yang baik untuk pertumbuhan dan produksi enzim α-amilase oleh *P. janthinellum* NCIM 4960 sedangkan glukosa, fruktosa atau sukrosa menghambat pertumbuhan dan produksi enzim α-amilase oleh *P. janthinellum*. Serkan dan Taskin (2010) melaporkan bahwa glukosa merupakan sumber karbon terbaik untuk pertumbuhan *P.chrysogenum* MT-6 dibandingkan sukrosa, fruktosa, maltosa atau

laktosa. Rao, *et al*., (2011) melaporkan bahwa berat kering biomassa *P.janthinellum* pada media 0,3% *malt extract*, 1% silosa, 0,3% ekstrak khamir dan 0,5% pepton lebih tinggi dibandingkan berat kering biomassa *P. janthinellum* pada media 0,3% *malt extract*, 1% glukosa, 0,3% ekstrak khamir dan 0,5% pepton.

Kemampuan pemanfaatan jenis sumber karbon tergantung pada kemampuan *Penicillium* untuk mensekresikan enzim yang dapat mendegradasi sumber karbon komplek menjadi sumber karbon yang lebih sederhana yang pada gilirannya akan digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan (Chivez, *et al.*, 2008). Fungi dari genus *Penicillium* dapat mensekresikan berbagai jenis enzim. *Penicillium oxalicum* mensekresikan enzim *galactofuranase* (Reyes, *et al*., 1992), *P. aurantiogriseum* mensekresikan lipase (Lima, *et al*., 2003), *P. chrysogenum* mensekresikan α-amilase (Balkan dan Ertan, 2007), *P. notatum* mensekresikan glukose-oksidase (Sabir, *et al.*, 2007). Sedangkan beberapa jenis *Penicillium* yang mensekresikan enzim selulase adalah *P. pinophilum* (Gutierrez, *et al.*, 1998), *P. crysogenum* PCL 501 (Nwodo-Chinedu, *et al*., 2007), *Penicillium sp.* CR-316 dan *Penicillium sp*. CR-313 (Picart, *et al*., 2007), dan *P. funiculosum* (Adejuwon, *et, al.*, 2009). Selanjutnya Nwodo-Chinedu, *et al.*, (2007) melaporkan bahwa *P. chrysogenum* dapat menghasilkan enzim selulase relatif lebih tinggi pada media yang mengandung selulosa dibandingkan dengan produksi enzim selulase pada media yang mengandung glukosa. Picart, *et al*., (2007) melaporkan bahwa *Penicillium* sp. CR-316 dan *Penicillium* sp. CR-313 yang diisolasi dari tanah yang banyak mengandung meteri tanaman menunjukkan aktivitas enzim *carboxy methyl cellulase* (CMCase) yang tinggi pada media media *potato dextrose broth* (PDB) yang disuplementasi CMC, kristal selulosa atau jerami padi tetapi tidak

menunjukkan aktivitas CMCase pada media PDB tanpa suplementasi selulosa. Sedangkan *P. sclerotiorum* mensekresikan *β-xylosidase* (Knob dan Carmona, 2009).

Jenis sumber karbon berperan penting dalam metabolisme sel dan dapat berpengaruh terhadap produksi pigmen (Chatterjee, *et al*., 2009). Karbon adalah bagian dari semua komponen organisma hidup, pemecahan karbon menghasilkan energi yang digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang (Dhake dan Patil, 2005). Oleh karena itu, pemilihan substrat sangat penting karena substrat tidak hanya menyediakan sumber karbon dan sumber energi tetapi juga menyediakan komponen yang diperlukan untuk menginduksi organisme agar memproduksi enzim dan produk metabolit tertentu (Li, *et al*., 2007).

Produksi pigmen oleh fungi tergantung pada galur fungi, komposisi medium dan kondisi pertumbuhan (Jung, *et al*., 2003). Gunasekaran dan Poorniammal (2008) yang melaporkan bahwa amilum merupakan sumber karbon terbaik untuk produksi pigmen oleh *Penicillium* sp. Dhale dan Raj (2009) melaporkkan bahwa *Penicillium* sp NIO-02 memproduksi pigmen merah dalam media yang mengandung *corn flour*, pepton dan ekstrak khamir dalam berbagai konsentrasi.

2. Jenis sumber nitrogen

Nitrogen digunakan untuk sintesis subtansi sel yang mengandung nitrogen seperti asam amino, purin, DNA, RNA dan vitamin (Dhake dan Patil, 2005). Beberapa jenis fungi dapat menggunakan amonium nitrat dan natrium nitrat sebagai sumber nitrogen (Mapari, *et al*., 2009). Ekstrak khamir dan polipepton Y merupakan sumber nitrogen terbaik untuk produksi pigmen oranye oleh *Penicillium sp* dibandingkan *malt extract*, ekstrak daging Ehrlich dan pepton (Ogihara dan Oishi, 2002). Berat kering miselium *Penicillium sp* pada media dengan sumber nitrogen pepton lebih tinggi

dibandingkan berat kering miselium *Penicillium sp* pada media dengan sumber nitrogen ekstrak daging, ekstrak khamir, ekstrak khamir ditambah pepton, monosodium glutamat, soya pepton, amonium nitrat, tripton, sodium nitrat ataupun potasium nitrat (Gunasakeran dan Poornammial, 2008). Namun demikian, Pimentel, *et al*., (1997) dan Lima, *et al* (2003) mengemukakan bahwa sumber nitrogen terbaik untuk pertumbuhan kapang dari genus *Penicillium* adalah kombinasi sumber nitrogen organik dengan sumber karbon inorganik seperti pepton atau ekstrak khamir dengan amonium sulfat.

3. Mineral

Mineral merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan, aktivitas enzim, dan produksi pigmen oleh mikroorganisme (An, *et al.*, 2001). Mineral KH_2PO_4, NaCl dan $MgSO_4.7H_2O$ merupakan jenis mineral terbaik untuk produksi enzim *carboxy methyl cellulase* (CMCase) oleh *Penicillium waksmani* F10-2 (Han, *et al*., 2009). Mineral NaCl juga sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi pigmen oleh *P. caseifulum*, namun demikian Fe, Cu dan Mn tidak berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan, warna dan produksi metabolit oleh *P.caseifulum* (Suhr, *et al*., 2002).

4. Konsentrasi karbon dan nitrogen

Kesetimbangan nutrisi dalam media berpengaruh terhadap kemampuan mikroorganisme untuk bertahan hidup, jika elemen nutrisi yang tersedia dalam media di bawah ambang kebutuhan, pertumbuhan mikroorganisme akan terhambat (Mustafa dan Kaur. 2009). Kebutuhan rasio karbon dan nitrogen untuk pertumbuhan bervariasi antar species, isolat dan strain fungi (Gao, *et al*., 2007). Sedangkan Gunasakeran dan

Poornammial (2008) melaporkan bahwa biomassa dan produksi pigmen yang maksimal oleh *Penicillium sp* dicapai pada C/N rasio 1.

5 Nilai pH substrat

Pertumbuhan fungi dipengaruhi oleh aktivitas air, suhu, kadar oksigen, pH, nutrisi media dan komponen penghambat yang terdapat dalam media (Fellows, 2000). Temperatur, aktivitas air, dan pH merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan diferensiasi fungi (Andersen dan Frivad, 2002). Fungi pada umumnya dapat tumbuh pada kisaran pH 2 - 8,5, namun pertumbuhannya akan lebih baik pada kondisi asam atau pH rendah, pH medium berpengaruh terhadap ketersedian mineral, aktivitas enzim dan fungsi membran (Fellows, 2000).

Nilai pH awal media mempunyai peranan kunci dalam produksi enzim, pemanfaatan konstituen media dan sintesis pigmen (Gunasakeran dan Poorniammal, 2008). Kondisi optimum untuk memproduksi pigmen oleh *Penicillium oxalicum* pada fermentasi sistem cair adalah pada pH 5,6-6,2 dengan suhu 27-29° C (Sadaryan, *et al*., 2004) sedangkan untuk *P. purpurogenum* pH optimum untuk produksi pigmen adalah 5,5 (Mapari, *et al*., 2009).

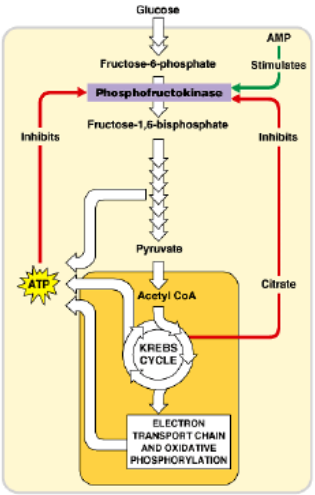
Nilai pH awal media berpengaruh terhadap morfologi miselium fungi dan merupakan faktor kritis dalam akumulasi biomassa dan pembentukan pigmen (Chen dan John, 1993; Unagul, *et al*., 2005). Aktivitas enzim dipengaruhi oleh pH karena ikatan subtrat dan proses katalisis sering kali tergantung pada distribusi antara subtrat dan molekul enzim (Li, *et al*., 2007). Nilai pH medium berpengaruh terhadap fungsi sel membran, morfologi dan struktur sel, solubilitas garam, ketersediaan ion substrat, absorpsi berbagai nutrisi dan biosintesis produk (Boonyapranai, *et al*., 2008).

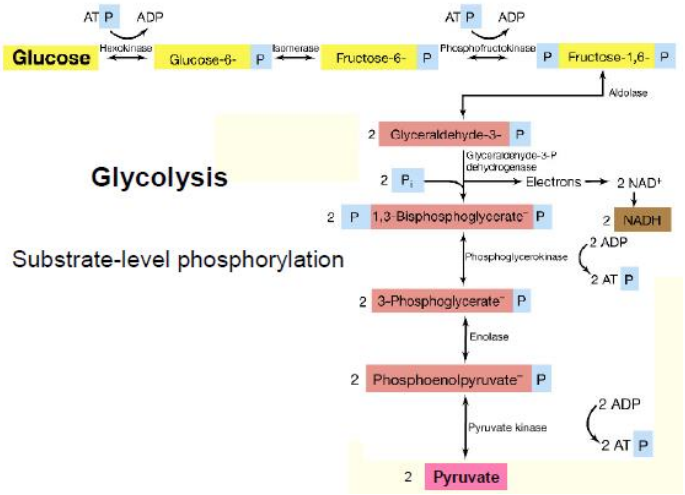
Pembentukan warna, produksi metabolit dan pertumbuhan *P. caseifulvum* dipengaruhi pH (Suhr, *et al*, 2002). Produksi biopigmen oleh *P. citrinum* pada pH 4,6 berwarna kuning dan pada pH 9,9 berwarna merah (Carvalho, *et al.*, 2005). Peningkatan pH menyebabkan perubahan warna pigmen yang diproduksi oleh *P.marneffei* dari merah menjadi oranye dan selanjutnya menjadi kuning (Bhardwaj, *et al*., (2007).

6 Waktu inkubasi

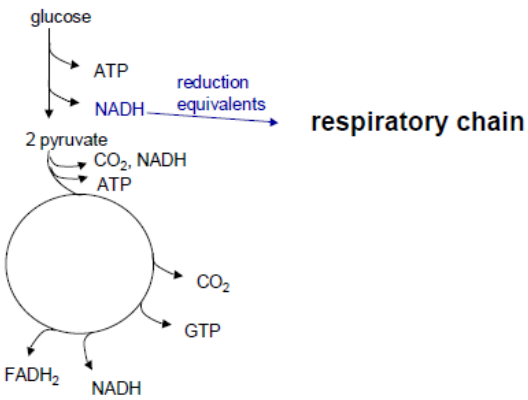
Selama tahap awal periode fermentasi, fungi menggunakan sumber karbon dan sumber nitrogen dari substrat untuk sintesis metabolit primer, biokonversi, energi, karbondioksida dan air, pada tahap periode fermentasi selanjutnya fungi menggunakan produk yang dihasilkan pada tahap awal periode fermentasi untuk memproduksi metabolit sekunder seperti pigmen, citrinin dan mavinolin (Yongsmith, *et al*., 1999). Produksi metabolit sekunder umumnya terjadi pada fase stasioner dari pertumbuhan mikroba (Fellows, 2000). Produksi pigmen tertinggi oleh *Yerrowia lipotica* dicapai pada akhir fase pertumbuhan (Carreira, *et al*., 2001). Namun demikian menurut Mapleston, *et al*., (1992) serta Stones dan Williams (1992), metabolit sekunder secara umum berhubungan dengan proses pembentukan spora mikroba. Suhr, *et al*., (2002), mengemukakan bahwa produksi pigmen oleh *Penicillium caseifulvum* tidak dipengaruhi oleh pertumbuhan.

Selain faktor-faktor di atas, ada tidaknya mikroorganisme kompetitor dapat mempengaruhi fermentasi pangan. Mikroorganisme kompetitor dapat berkompetisi untuk memperoleh nutrisi dan mempengaruhi ketersediaan nutrisi. Mikroorganisme kompetitor tertentu menghasilkan zat toksik yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme fermenter serta mencemari produk fermentasi.





The calvin cycle



Klasifikasi fermentasi pangan

Berdasarkan perubahan yang terjadi pada karbohidrat dapat dikelompokan menjadi dua yaitu (1) fermentasi yang menghasilkan asam-asam organik dan (2) fermentasi yang menghasilkan alkohol dan dan korbondioksida. Berdasarkan komponen produk., fermentasi pangan dibagi menjadi 2 kelompok yaitu (1) homofermentatif jika hanya menghasilkan satu jenis komponen saja sebagai hasil utamanya dan (2) heterofermentatif jika menghasilkan campuran berbagai senyawa atau komponen utama. Selanjutnya berdasarkan proses fermentasi fermentasi pangan dibagi dua yaitu (1) fermentasi curah (batch culture) dan (2) fermentasi kontinyu (continous culture).

Jenis mikroba yang digunakan dalam fermentasi pangan tergantung pada jenis produk atau karakteristik pangan yang ingin dihasilkanKhamir penghasil etanol adalah *Saccharomyces cerevisiae.* Bakteri penghasil asam asetat *Acetobacter.* Bakteri penghasil asam laktat homofermentatif *Lactococcus, Streptococcus, Pediococcus, Lactobacillus* (some). Bakteri penghasil asam laktat heterofermentatif *Leuconostoc,* dan beberapa *Lactobacillus.* Mikroorganisme penghasil flavor bakteri (Limburger – *Brevibacterium linens* dan Swiss – *Propionibacterium freundenreichii*), kapang untuk keju Camembert (*Penicillium camemberti*) Roquefort (*Penicillium roqueforti*) dan tempe – *Rhizopus oligosporus.*

Biakan pemula (starter culture)

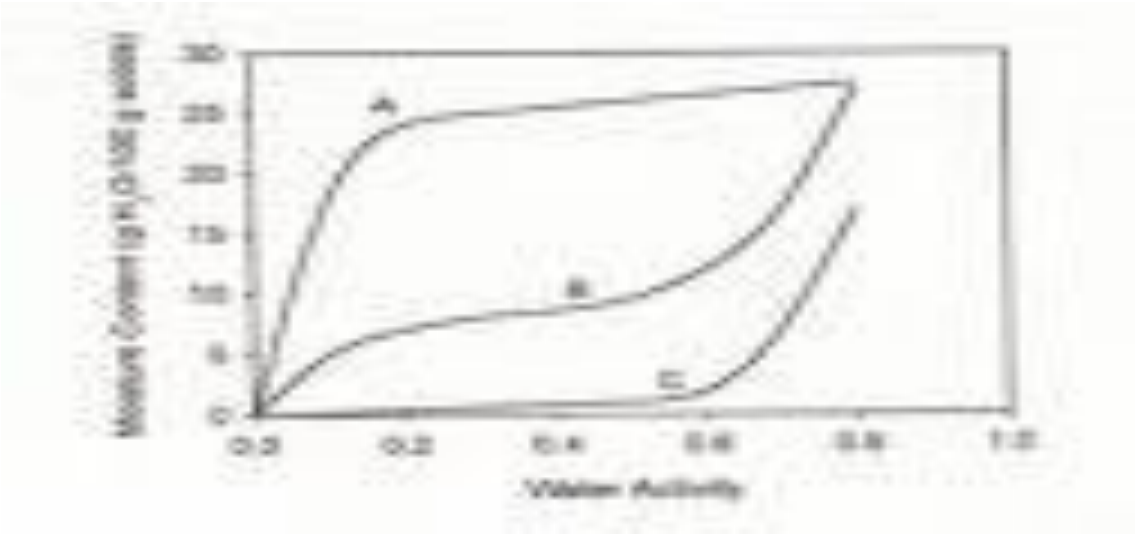
Secara tradisional organisme fermentor dapat berasal dari mikroflora alami atau bagian hasil fermentasi yang dilakukan sebelumnya. Namun demikian pada beberapa kasus, pengunaan mikroflora alami kurang efisien, sulit dikontrol dan diprediksi atau hilang pada persiapan fermentasi misalnya pada perlakuan pasteurisasi.

Biakan pemula harus mempunyai sifat mudah dikontrol dan diprediksi. Biakan pemula yang digunakan untuk mengubah gula menjadi asam laktat umumnya adalah *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* atau *Lactococccus lactis* subsp. lactis biovar diacetylactis. Biakan pemula untuk menghasilkan flavor dan aroma diacetil adalah *Leuconostoc citrovorum* atau *Leuconostoc dextranicum*.

Fungi utama kultur pemula bakteri laktat memproduksi asam laktat dari gula., fungsi lainnya menghasilkan flavor, aroma, produksi alcohol, aktivitas proteolitik dan lipolitik serta menghambat mikroorganisme lain yang tidak diinginkan.

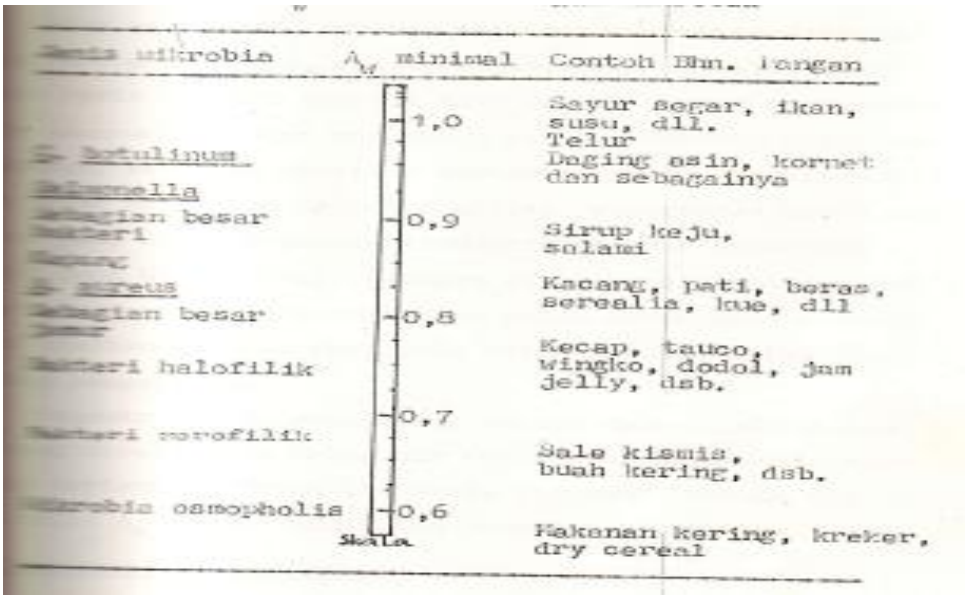
BAB X
TEKNOLOGI PENGOLAHAN PANGAN SEMI BASAH

Pangan semibasah (intermediate moisture food) adalah pangan yang mempunyai kandungan air tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah (KA 15-50% dan a_w 0,9) dan bersifat tahan lama dalam penyimpanan. Kadar air dan a_w merupakan faktor intrinsik yang berperan dalam kerusakan kimiawi dan mikrobiologis. Dasar pengolahan dan pengawetan pangan semi basah adalah pengendalian kadar air dan a_w pangan

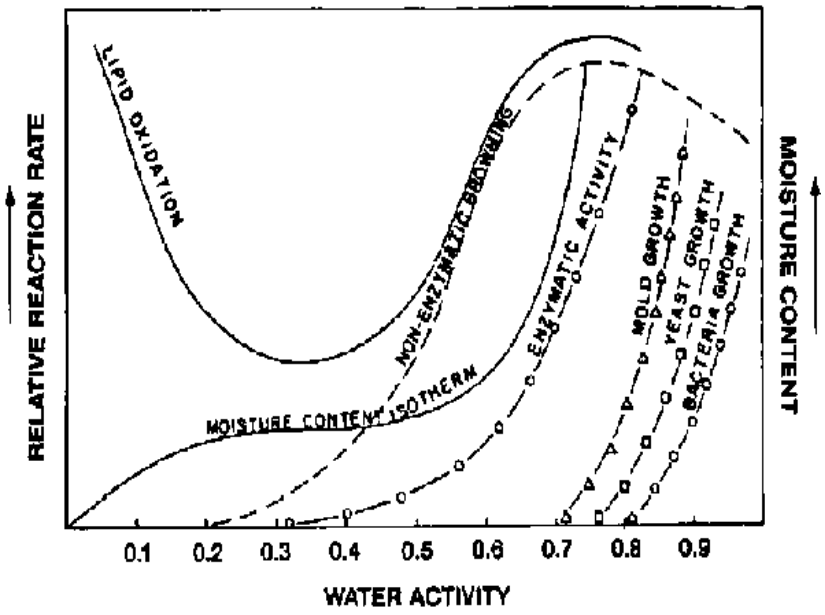


Air yang berada pada daerah A adalah air yang terikat kuat dalam bahan pangan sehingga dianggap tidak memiliki pengaruh nyata terhadap laju reaksi kimia dan kerusakan mikrobiologis pangan. Air yang berada pada daerah B merupakan air yang tersedia dan dapat digunakan oleh mikroba karena air ini tidak terikat kuat. Air di daerah C terdapat lebih banyak air yang dapat digunakan oleh mikroba dan untuk membantu reaksi kimia sehingga bahan pangan lebih mudah rusak.

Aktivitas air mempunyai hubungan yang erat dengan mikroorganisme. Setiap mikroorganisme mempunyai nilai kristis aktivitas air yang berbeda. Mikroorganisme patogen tidak dapat tumbuh pada a_w <0.86. Khamir dan kapang lebih toleran tetapi tidak dapat tumbuh pada a_w <0.62. Kisaran Aw untuk pangan semibasah adalah 0.65-0.90.



Jenis mikrobia	A_w minimal	Contoh Bhn. Pangan
	1,0	Sayur segar, ikan, susu, dll. Telur
C. botulinum		Daging asin, kornet dan sebagainya
Salmonella		
Sebagian besar bakteri	0,9	Sirup keju, salami
		Kacang, pati, beras, serealia, kue, dll
S. aureus		
Sebagian besar jamur	0,8	
Bakteri halofilik		Kecap, tauco, wingko, dodol, jam jelly, dsb.
	0,7	
Bakteri xerofilik		Sale kismis, buah kering, dsb.
Aerobia osmopholia	0,6	
Skala		Makanan kering, kreker, dry cereal



Selain berhubungan erat dengan pertumbuhan mikroorganism. aktivitas air juga berhubungan erat dengan reaksi kimia dan enzim dalam pangan. Pada a_w 0.3, pangan lebih stabil terhadap oksidasi lemak, non-enzimatis browning, aktivitas enzim, dan mikroba. Peningkatan nilai a_w menyebabkan peningkatan resiko kerusakan. Laju hidrólisis meningkat dengan meningkatnya aktivitas air tetapi menurun drastis pada aktivitas air rendah. Reaksi yang terjadi pada kadar air rendah merupakan reaksi irreversible untuk menginaktivasi enzim.

Pangan semi basah merupakan cara pengawetan pangan yang paling tua. Pengontrolan aktivitas air yang utama dalam pangan semi basah adalah penabahan bahan yang bersifat larut dalam air tetapi dapat menyerap air (humektan). Pencampuran bahan yang dapat menurunkan a_w pangan (humektan) menyebabkan ketersediaan air untuk mikroba dan reaksi kimia terbatas.

Aplikasi teknologi pangan semibasah (IMF) berhasil digunakan untuk mengawetkan buah dan saturan tanpa refrigerasi di berbagai negara. Sebagai contoh, penambahan gula dengan konsentrasi tinggi selama pengolahan membuat lapisan pelindung terhadap kontaminasi mikroba setelah proses pemanasan. Gula bertindak sebagai penurun aktivitas air pangan sehingga air yang tersedia untuk bakteri terbatas. Beberapa buah dan sayuran produk teknologi pangan semibasah adalah cabbage (0.64-0.75); carrots (0.64-0.75), horseradish (0.75), potatoes (0.64-0.75), strawberries (0.65-0.75).

Pada kondisi a_w 0.64-0.75 tersebut, pertumbuhan beberapa jenis bakteri dihambat, tetapi beberapa jenis kapang dan khamir masih dapat tumbuh. Penerapan

teknologi pengolahan pangan semi basah mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan teknologi pangan semi basah :

1. Pangan semi basah mempunyai kisaran a_w 0.65-0.90, sehingga dapat mengawetkan pangan karena pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi kimia terbatas.
2. Pangan semi basah mudah dilakukan dan disimpan tanpa refrigerasi sehingga energi yang diperlukan relatif efisien dan murah.
3. Pangan semi basah tidak mudah mengalami pembusukan walaupun tanpa pengemasan.

Kekurangan teknologi pangan semi basah:

1. Beberapa pangan semi basah sering mengandung bahan aditif seperti nitri nitrites sulphites sebagai humektan yang dapat menimbulkan permasalahan kesehatan.
2. Kadar gula yang tinggi dalam bahan pangan semi basah menyebabkan peningkatan konsumsi gula dan perubahan penampilan produk pangan.

Humektan adalah zat atau bahan yang ditambahkan dalam bahan pangan yang berfungsi untuk menurunkan a_w bahan pangan tersebut. Humektan bersifat larut dalam air, biasanya berasal dari golongan senyawa poliol, gula dan garam, kadang asam dan basa. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan humektan adalah:

1. Pengaruh humektan terhadap sifat organoleptik produk pangan.
2. Derajat larut dan sifat ionisasi humektan
3. Berat molekul dan efektifitas humektan
4. Pengaruh humektan terhadap pH
5. Keamanan dan toksisitas humektan
6. Nilai gizi dan ekonomis pengolahannya

Beberapa contoh humektan yang telah digunakan dalam pangan semi basah adalah glukosa. fruktosa. dan sukrosa. Glukosa tidak begitu baik sebagai humektan karena mempunyai kapasitas memegang air (water holding capacity /WHC) tinggi, sehingga sulit memperoleh kurva isoterm pada aw rendah. Fruktosa mempunyai kapasitas untuk menurunkan aktivitas air pangan dan baik sebagai humektan. Sukrosa merupakan humektan yang paling banyak digunakan tetapi kapasitas untuk menurunkan aktivitas air pangan lebih rendah dibandingkan fruktosa.

Produk pangan setengah basah

Jam. jelly dan kismis merupakan produk pangan setengah basah yang banyak dikenal dan digemari masyarakat. Jam dan jelly merupakan pangan semi padat yang terbuat dari buah-buahan dan gula dengan kandungan total padatan minimal 65%. Komposisi bahan mentah jam dan jelly 45 bagian buah dan 55 bagian gula. Jam dibuat dari hancuran (lumatan) buah-buahan sedangkan jelly terbuat dari sari buah.Syarat jam dan jelly yang baik transparan. mudah dioleskan dan mempunyai aroma dan rasa buah asli.

Hampir semua jenis buah-buahan dapat dibuat jam dan jelly. terutama buah yang mengandung pektin suatu senyawa polisakarida yang berguna untuk membentuk gel dengan gula pada suasana asam. Buah-buahan yang umum dibuat jam dan jelly antara lain nenas. jambu biji, pepaya, sirsak, apel, strawberry, dan lain-lain. Buah yang tua tetapi belum matang merupakan sumber pektin yang baik tetapi untuk mendapatkan cita rasa dapat digunakan buah yang sudah matang. Oleh karena itu dalam pembuatan jam dan

jelly., digunakan campuran buah tua tapi belum matang dan buah matang dengan perbandingan 1:1 tetapi campuran lumatan atau sari buah dan gula 45:55.

Kismis merupakan pangan semi basah yang juga banyak digemari oleh masyarakat. Komposisi kismis terdiri atas 6.3% gula. 0.5% lemak dan 2.0% protein. Kandungan kalori kismis sekitar 850 kalori per 454 gram kismis. Indikator kualitas kismis ditentukan oleh cita rasa dan nilai gizi.

BAB XI
TEKNOLOGI PIKEL

Pikel merupakan suatu sistem pengawetan terpadu yang mengandalkan kekuatan garam sebagai pengawet secara fermentasi ataupun tanpa fermentasi. Pikel dengan fermentasi dilakukan dengan bantuan mikroba sedangkan pikel tanpa fermentasi dilakukan dengan penambahan asam cuka dan rempah-rempah.

Kontrol mikroba dapat dilakukan antara lain dengan penambahan bahan kimia seperti nitrit, asam dsb. Sedangkan fermentasi umumnya adalah fermentasi asam laktat. Pikel digunakan jika sistem pengawetan diterapkan terhadap buah dan sayuran sedangkan curing dilakukan terhadap daging dan sejenisnya.

Garam pada konsentrasi rendah berperan sebagai pembentuk cita rasa sedangkan dalam konsentrasi yang cukup mampu berperan sebagai pengawet atau sebagi penghambat selektif mikroba kontaminan. Dalam bahan pangan, garam terionisasi dan menarik air disebut hidrasi ion dan jika konsentrasi garam ditingkatkan aktivitas air pangan menurun. Aksi garam dalam menarik air juga erat kaitannyab dengan peristiwa plasmolisis, di mana air akan bergerak dari konsentrasi garam tinggi karena adanya perbedaan tekanan. NaCl dapat menyebabkan denaturasi protein sehingga aktivitas enzim mikroba terhambat, sedangkan ion Cl merupakan racun mikroba

Asam organik mempunyai daya pengawet melalui penurunan pH bahan pangan dan penetrasi asam ke dalam sel mikroba. Kombinasi sistem asam dengan garam merupakan efek sinergis untuk pengawetan sehingga berperan sebagai anti mikroba.

Rempah-rempah ditambahkan untuk membentuk cita rasa, tetapi juga dapat bertingak sebagai bakteristatik seperti eugenol (cengkeh) atau kurkumin (kunir).

Pembuatan pikel dilakukan dengan fermentasi yaitu bahan direndam dalam larutan garam (6,6%), diklorinasi dengan natrium asetat (0,5%) dan gas N2 dihilangkan dan diinokulasi dengan *Lactobacillus plantarum* atau *P. cerevisiae.* Dalam pembuatan pikel dikenal 2 kelompok mikrooragnisme yang berperan yaitu : (1) mikroba homofermentatif (hanya asam laktat) dan (2) mikroba heterofermentatif (asam laktat dan asam organik lain).

Garam akan menseleksi mikroba sehingga yang tumbuh hanya mikroba halofilik. Mikroba halofilik yang dominan dan berperan adalah bakteri yang dapat memproduksi asam laktat tergantung suhu dan pH larutan garam dan kondisi aerobic. Aktivitas bakteri pembentuk asam laktat menyebabkan pH semakin rendah dan mikroba yang tidak tahan terhadap terhadap kondisi asam pertumbuhannya terhambat. *Leuconostoc mesenteroides* umumnya memulai fermentasi asam laktat dan kemudian diakhiri dengan *Lactobacillus*.

Pengendalian proses pikel dilakukan dengan cara mengendalikan konsentrasi garam, pH dan kondisi aerobik. Pengurangan konsentrasi garam pada produk dilakukan dengan pencucian beberapa kali sehingga sifat asin atau organoleptik yang diinginkan tercapai.

Proses penggaraman dilakukan pada tahap awal pembuatan acar atau pikel dengan cara fermentasi kadang-kadang dilakukan penambahan gula sebanyak 1% apabila sayur

atau buah yang digunakan berkadar gula rendah. Nama acar biasanya disesuaikan dengan nama sayur atau buah yang digunakan, misalnya acar mentimun, acar bawang putih, dan lain-lain. Pembuatan acar dibedakan atas 3 cara yaitu:

1. Proses pelumuran garam (*rough salting*) dan penggaraman akhir (*final salting*). Pada proses pelumuran garam digunakan serbuk garam kira-kira 10% dari berat bahan dan larutan garam berkonsentrasi 10%. Bahan dan serbuk garam disusun dalam wadah khusus seperti stoples secara berlapis-lapis. Bagian atas memiliki lapisan garam lebih banyak daripada bagian bawahnya. Proses ini berlangsung selama 4-5 hari yang dilanjutkan dengan penggaraman akhir. Pada tahap ini serbuk garam dikurangi 6% dari berat bahan yang telah mengalami *rough alting*. Lama proses penggaraman tergantung dari aroma acar yang dihasilkan. Pembuatan acar jenis ini banyak dilakukan di Jepang.
2. Pembubukan garam secara bertahap. tahap pertama dari cara ini dilakukan dengan kadar garam rendah sekitar 8% lalu ditambah serbuk garam sebanyak 9% dari berat bahan. Setiap minggu dilakukan penambahan garam secara berangsur hingga akhirnya menjadi 15,9%.
3. Pembuatan acar cara ketiga. mula-mula digunakan larutan garam 10,6% lalu ditambah serbuk garam sebanyak 9% dari berat bahan. Penambahan garam dilakukan secara erangsur setiap minggu hingga mencapai 15,9%. Agar lama proses cara ketiga ini sama dengan cara kedua, maka penambahan garam setiap minggunya harus lebih sedikit dari cara kedua.

Proses fermentasi yang terjadi pada pembuatan acar akan membentuk asam laktat yang berasal dari pengubahan karbohidrat/gula. Proses ini berlangsung selama 9 minggu agar sempurna. Hasil fermentasi tergantung dari suhu dan cara penggaraman sebelum fermentasi. Perendaman sayuran atau buah dalam larutan garam kadar rendah atau tinggi akan menyebabkan tumbuhnya mikroorganisme dari golongan bakteri yakni *Lactobacillus plantarum*. Bakteri ini terlibat dalam pembentukan asam laktat selama fermentasi. Bakteri tersebut tidak dapat tumbuh jika larutan garam bertambah menjadi 10 sampai 15%.

Terdapat dua jenis acar sayur atau buah :

1. Acar asin: acar yang dibuat melalui proses penggaraman dengan garam dapur (NaCl) yang diikuti fermentasi, seperti ketiga cara di atas.
2. Acar bumbu: acar sayur/buah yang diberi bahan pewangi (aroma) tertentu, biasanya rempah-rempah seperti bawang merah dan bawang putih yang cara fermentasinya berbeda dengan acar asin. Acar bumbu dibuat dengan cara merendam buah atau sayur pada larutan garam berkadar rendah ditambah larutan asam asetat. Bahan-bahan pembentuk aroma seperti rempah-rempah menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bakteri pembentuk asam, tetapi rempah-rempah dapat menghambat pertumbuhan jasad renik yang dapat merusak acar.

Sayuran dan buah-buahan yang biasa dibuat acar adalah mentimun, bawang putih, bawang merah, cabai rawit, kol, sawi, petsai, pepaya, terubuk, jahe, dan lain-lain. Jenis acar dari buah dipilih dari buah yang matang tetapi belum terlalu masak sehingga teksturnya masih keras.

BAB XII

TEKNOLOGI PENGAWETAN DAN PENGOLAHAN PANGAN DENGAN BAHAN KIMIA

Dalam tata pengolahan pangan dan nutrisi, bahan kimia yang digunakan untuk pengawetan dan pengolahan pangan digolongkan ke dalam kelompok tambahan pangan (food additives group). Bahan tambahan pangan atau bahan aditif didefinisikan sebagai bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam pangan selama produksi, pengolahan, pengemasan, atau penyimpanan untuk tujuan tertentu. Bahan kimia yang digunakan untuk pengawetan pangan adalah suatu bahan yang sengaja ditambahkan dalam bahan pangan dengan takaran tertentu untuk mengendalikan dan mengurangi kerusakan mikrobiologis atau kerusakan kimiawi, sehingga diperoleh produk yang awet dan aman dikonsumsi.

Penggolongan bahan kimia tambahan pangan

Berdasarkan dari sumbernya. bahan tambahan pangan dapat digolongkan menjadi dua, yaitu (1) bahan kimia organik atau sumber alami, contoh bahan tambahan organik adalah lesitin, asam sitrat, dan lain-lain serta (2) bahan anorganik atau sintetik yaitu bahan kimia yang mempunyai sifat serupa dengan bahan alami yang sejenis, baik susunan kimia maupun sifat metabolismenya, misalnya beta karoten, asam askorbat, dan lain-lain. Bahan kimia sintetik tambahan pangan mempunyai kelebihan yaitu lebih pekat, lebih stabil, dan lebih murah. Namun demikian selain mempunyai kelebihan bahan kimia sintetik tambahan pangan mempunyai kelemahan yaitu sering terjadi ketidaksempurnaan proses sehingga mengandung komponen yang menyebabkan permasalahan kesehatan, kadang-kadang bersifat karsinogenik yang dapat merangsang terjadinya kanker pada hewan atau manusia.

Berdasarkan cara kerjanya., bahan kimia tambahan pangan dikelompokan menjadi beberapa kelompok antara lain antiseptik, germisida, fungisida., bakteriostatik dan bakterisida serta antioksidan. Bahan kimia tambahan pangan dapat mengawetkan bahan pangan karena mempunyai sifat anti mikroba dan atau mampu mengawetkan bahan melalui pencegahan reaksi yang mengarah pada kerusakan kimiawi.

Mikroba dipandang sebagai sumber kerusakan bahan pangan yang paling utama, agar mikroba tersebut tidak tumbuh dengan optimal, medium dan kondisi optimal pertumbuhannya harus diminimalisir (diganggu). Kondisi yang paling kritis untuk pertumbuhan mikroba adalah keseimbangan elektrolit dan sistem metabolismenya oleh karena itu bahan antimikroba yang sering digunakan adalah asam-asam organik. Pertumbuhan mikroba juga dapat diganggu dengan senyawa yang membentuk radikal, sehingga radikal tersebut bereaksi dengan protein-protein dan sistem metabolisme mikroba terhambat. Bahan-bahan yang mempunyai sifat komponen pereduksi juga dapat menekan pertumbuhan mikroba, karena komponen preduksi tersebut menurunkan jumlah oksigen dan memecah ikatan disulfida protein dll. Bahan yang dapat menurunkan aktivitas air dan mengganggu tekanan osmotik yang menyebabkan plasmolisis juga digunakan untuk menekan pertumbuhan mikroba.

Reaksi kimia dalam bahan pangan yang perlu dikendalikan antara lain : oksidasi, pencoklatan (browning) dan reaksi-reaksi enzimatis. Reaksi enzimatis umumnya dirancang oleh aktivitas mikroba, sehingga jika pertumbuhan mikroba dihambat, reaksi enzimatis berkurang. Oksigen dipandang sebagai salah satu sumber kerusakan yang dapat menuntun terjadinya kerusakan oksidatif dan enzimatis. Kerusakan ini dapat dikendalikan dengan senyawa antioksidan atau senyawa pereduksi.

Mekanisme pengawetan pangan oleh kelompok asam-asam organik (asam benzoat, propionat, sorbat, asetat, sitrat, askorbat, tartarat, laktat dll) mengganggu keseimbangan elektrolit mikroba dan menguras energi mikroba serta merusak sistem metabolismenya sehingga pertumbuhan terhambat bahkan terhenti. Asam organik juga dapat mengumpalkan protein termasuk enzim.

Kelompok oksida (sulfit dan sulfur oksida, etilen dan propilen oksida) dapat mengawetkan pangan karena menghambat pertumbuhan mikroba dan reaksi kimia. Sulfit memasuki membran/dinding sel bakteri/mikroba dan mengganngu sel dengan cara bereaksi dengan asetaldehid dalam sel, mengurangi ikatan disulfida yang esensial untuk enzim dan mempengaruhi reaksi-reaksi yang melibatkan nikotinamide dinukleotida. Sulfit dan turunanya juga dapat mencegah kecoklatan dan dapat digunakan sebagai pemutih/pemucat. Sulfit merupakan indikator yang kuat untuk fenolase untuk melakukan oksidasi yang menyebabkan browning enzimatis yaitu sulfit bereaksi dengan substrat fenol, menggantikan kedudukan hidroksi (OH^-) dengan senyawa turunan sulfit ($SO3^-$ atau $S2O5^=$). Etilen dan propilen oksida bekerja sebagai alkylating agent, yaitu jika bertemu dengan ion H dari sel mikroba akan bereaksi dan membentuk radikal yang bereaksi dengan protein sehingga aktivitas sel terhambat.

Antioksidan merupakan senyawa yang mudah teroksidasi sehingga jika ditambahkan dalam bahan pangan dapat mencegah kerusakan akibat oksidasi. Antioksidan biasanya mengandung gugus orto atau para fenol yang mudah teroksidasi atau gugus hedroksi lain yang rekstif dalam oksidasi. Mekanisme antioksidasi adalah Orto fenol dioksidasi menjadi orto quinon Orto quinon bereksi dengan asam askorbat membentuk orto difenol, dengan cara tersebut kecoklatan akibat oksidasi dapat dihindari. Antioksidan juga dapat mencegah ketengikan lemak akibat oksidasi yang mana pada

awalnya lemak teroksidasi menjadi peroksida tetapi pada tahap berikutnya peroksida bereksi dengan antioksidan sehingga ketengikan dapat dicegah.

Pigmen pewarna pangan adalah substansi atau komponen berwarna yang ditambahkan (additive) dalam jumlah sedikit untuk mengubah dan menghasilkan karakteristik warna produk pangan yang menarik. Penggunaan pigmen bertujuan untuk (1) mengganti warna produk pangan yang hilang selama pengolahan, (2) memperkaya warna produk pangan, (3) meminimalisir variasi warna produk pangan akibat pengolahan dan (4) mewarnai produk pangan yang tidak berwarna (Mortensen, 2006).

Pigmen sintetik pada umumnya berasal dari sintesis kimia dan hasil dari proses kimia umum bahan dasar dari pigmen sintetik berasal dari bahan minyak bumi. Pigmen alami adalah zat warna yang disintesis, diakumulasi dan dikeluarkan oleh sel hidup dari organisme. Pigmen alami dapat berasal dari tanaman dan atau hewan mempunyai keterbatasan dalam penggunaan sebagai pewarna pangan yaitu (1) stabilitas pigmen rendah, (2) sering memberikan rasa dan flavor khas yang tidak diinginkan, (3) konsentrasi pigmen rendah, (4) keseragaman warna kurang baik dan (5) spektrum warna tidak seluas seperti pewarna sintetis. Produksi pigmen oleh mikroba umumnya dilakukan melalui proses fermentasi. Sumber pigmen dari mikroba antara alain (1) pigmen dari kapang *Monascus sp., Penicillium, sp, Blakeslea trispora* , (2) pigmen dari khamir *Xanthophyllomyces dendrorhous* dan *Rhodotorula* gracilis, (3) pigmen dari bakteri. *Flavobacterium* sp.

Kelompok bahan kimia lain yang sering ditambahkan dalam pangan adalah antibiotik oksitetrasiklin, nisin dan klor. Klor dan oksitetrasiklin dapat menghambat dan membunuh mikroba dengan jalan mengikat logam yang menjadi kofaktor enzim sehingga metabolisme tidak berjalan. Nisin merupakan antibiotik yang dapat merusak membran sel

sehingga transfor aktif dan selektif tidak berlangsung baik. Alkohol , grup poliol dan garam dapat menyebabkan denaturasi proteinAntibiotik yang sering digunakan untuk pengawetan adalah klor, oksitetrasiklin dan nisin. Alkohol, garam dan gula juga dapat menurunkan aktivitas air dan mempengaruhi tekanan osmotik. Bahan kimai lain seperti kurkumin, akrolin, eugenol, asam sinamat dll bersifat bakteriostatik. Formaldehing dapat mengikat gugus amino bebas protein sehingga protein dalam sel mikroba tidak berfungsi baik.

Aplikasi bahan tambahan pangan

Sampai saat ini terdapat hampir 2000 jenis aditif pangan yang tercatat dalam daftar GRAS (*Generally Recognized as Safe* = secara umum dianggap aman) yang dikeluarkan oleh badan yang mengontrol keamanan bahan aditif di Amerika. Syarat minimum bahan kimia yang akan digunakan sebagai bahan tambahan pangan adalah tidak menganggu sifat organoleptik (bau, citarasa). mempunyai spektrum yang luas (antimikroba) dan tidak menyebabkan timbulnya mikroba baru (mutan) yang resisten. tidak beracun. stabil selama penyimpanan dan mudah digunakan serta sesuai dengan norma masyarakat. Pengunaan bahan tambahan pangan dibenarkan hanya ditujukan untuk keperluankeperluan sebagai berikut:

1. mempertahankan nilai gizi pangan;
2. konsumsi segolongan orang tertentu yang memerlukan makanan diit;
3. mempertahankan mutu atau kestabilan pangan atau memperbaiki sifat-sifat organoleptiknya hingga tidak menyimpang dari sifat alamiahnya dan dapat membantu mengurangi makanan yang dibuang atau limbah;
4. keperluan pembuatan, pengolahan, penyediaan, perlakuan, pewadahan, embungkusan, pemindahan, atau pengangkutan sehingga industri pangan berskala besar dapat

memproduksi makanan minuman dengan komposisi dan mutu yang konstan sepanjang tahun;

5. membuat makanan menjadi lebih menarik.

Bahan tambahan pangan tidak dibenarkan digunakan untuk maksud:

1. menyembunyikan cara pembuatan atau pengolahan yang tidak baik;
2. menipu konsumen, misalnya untuk memberi kesan baik pada makanan yang dibuat dari bahan yang kurang baik mutunya;
3. mengakibatkan penurunan nilai gizi pada makanan.

Efektivitas pengawetan bahan tambahan pangan dipengaruhi oleh :

1. konsentrasi bahan tambahan pangan
2. waktu, masa efektif bahan kimia
3. sifat-sifat bahan pangan
4. jenis dan taraf kerusakan bahan pangan

Dalam praktek di industri pangan atau usaha pangan lainnnya. secara umum bahan tambahan pangan dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan besar, yakni:

1. Bahan tambahan makanan yang sengaja ditambahkan ke dalam makanan dengan tujuan untuk memperbaiki nilai gizi, mempertahankan kesegaran, memperoleh cita rasa yang diinginkan, dan membantu pengolahan.
2. Bahan tambahan pangan yang tidak sengaja ditambahkan ke dalam pangan.

Bahan tambahan pangan yang tidak sengaja terdapat dalam pangan tidak mempunyai fungsi dalam pangan tersebut. Keberadaan bahan tambahan pangan baik dalam jumlah sedikit atau banyak disebabkan perlakuan selama proses produksi, pengolahan, dan pengemasan. Bahan ini dapat juga merupakan residu atau kontaminan dari bahan yang sengaja ditambahkan untuk tujuan produksi bahan mentah atau selama

penanganan bahan yang masih terus terbawa ke dalam pangan yang akan dikonsumsi. Contoh bahan tambahan yang tidak sengaja berada dalam pangan adalah residu pestisida, kontaminasi radioaktif, logam berat, residu obat ternak (termasuk hormon dan antibiotika), aflatoksin, serta migrasi komponen-komponen plastik dari pembungkus ke dalam makanan. Codex Alimentarius (kumpulan berbagai standar pangan internasional yang telah disetujui dalam bentuk dan format yang seragam) tidak memasukkan golongan ini ke dalam bahan tambahan pangan tetapi dimasukan sebagai bahan kontaminan dalam pangan.

Aplikasi bahan tambahan pangan dalam usaha baik dalam skala industri atau rumah tangga terdapat berbagai jenis bahan tambahan pangan yang mempunyai fungsi berbeda-beda yaitu:

1. Pemanis buatan yakni bahan tambahan pangan yang dapat mnyebabkan rasa manis pada pangan tetapi tidak atau hampir tidak mempunyai nilai gizi (kalorinya rendah). Pemanis ini biasanya digunakan pada makanan untuk para penderita diabetes melitus atau untuk makanan diit yang menginginkan badan langsing. Contoh pemanis buatan adalah sakarin dan siklamat serta garamnya.
2. Pengatur keasaman yakni bahan tambahan pangan yang dapat mengasamkan, menetralkan dan mempertahankan derajat keasaman pangan. Bahan ini ditambahkan dengan tujuan untuk memperbaiki dan mempertahankan keasaman pangan hingga memiliki rasa yang diinginkan, serta untuk meningkatkan kestabilan pangan. Contoh bahan pengatur keasaman adalah (a) asam laktat, asam sitrat, dan asam malat sebagai pengasam pada jam (selai), jeli, dan marmalade; (b) natrium bikarbonat, natrium karbonat, dan natrium hidroksida yang biasa digunakan untuk menetralkan mentega.

3. Pewarna yakni bahan tambahan pangan yang dapat memperbaiki atau memberi warna pada pangan. Selama proses pengolahan, warna pangan dapat berubah menjadi pucat sehingga ditambahkan pewarna untuk memperbaiki warna pangan yang berubah tersebut. Untuk pangan yang tidak berwarna, pemberian pewarna dimaksudkan agar pangan kelihatan lebih menarik. Contoh pewarna pangan adalah (a) warna biru; biru berlian, indigotin biru, (b) warna hijau; klorofil, *green* FCF, *green* , (c) warna merah; karmin, ponceau 4R, eritrosin (d) warna kuning kurkumin, karoten, *yellow*FCF, *yellow kuinolin*, tartrazin; (e) warna coklat; karamel.
4. Penyedap rasa dan aroma serta penguat rasa yakni bahan tambahan pangan yang dapat memberikan, menambah, atau mempertegas rasa dan aroma. Bahan ini sering ditambahkan pada permen, minuman ringan, kue, dan biskuit serta biasanya dijual dalam bentuk campuran. Contoh penyedap rasa adalah monosodium glutamat (MSG) biasa ditambahkan pada produk daging.
5. Pengawet yakni bahan tambahan pangan yang dapat mencegah atau menghambat fermentasi, pengasam, atau penguraian lain terhadap makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme. Bahan ini ditambahkan pada pangan yang mudah rusak (*perishable foods*), seperti daging, buah-buahan, dan lain-lain. Pencegahan dan penghambatan pertumbuhan bakteri tergantung dari jumlah pengawet yang ditambahkan dan pH pangan. Aktivitas pengawetan akan meningkat bila pH diturunkan dan hampir tidak aktif dalam suasana netral. Contoh pengawet adalah (a) asam sorbat efektif untuk menghambat pertumbuhan jamur dan ragi, (b) asam benzoat serta garamnya dan ester parahidroksi benzoat efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri, ragi, dan jamur. Bahan ini biasa digunakan untuk produk buah-buahan, kecap, keju, dan margarin. (c)

asam propionat efektif untuk menghambat pertumbuhan jamur dan biasa digunakan untuk produk keju dan roti.

6. Antioksidan dan antioksidan sinergis yakni bahan tambahan pangan yang berfungsi untuk mencegah atau menghambat terjadinya oksidasi. Bahan ini biasa digunakan pada minyak, lemak, dan pangan yang mengandung lemak/minyak. Contoh antioksidan adalah (a) BHA (butilhidroksianisol) atau BHT (butilhidroksitoluen) biasa digunakan pada lemak, minyak, dan margarin, (b) asam askorbat dan asam eritrobat serta garamnya untuk produk daging dan ikan serta sari buah kalengan.
7. Antikempal yakni bahan tambahan pangan yang dapat mencegah pengempalan pangan yang berbentuk serbuk, tepung, atau bubuk, misalnya pada garam meja, merica bubuk, dan bumbu lainnya sehingga mudah dituang dari wadahnya. Contoh antikempal (a) kalsium aluminium silikat, kalsium silikat, magnesium karbonat, silikon dioksida sebagai antikempal pada garam meja, merica, rempah, dan bumbu lainnya, (b) garam-garam stearat dan trikalsium fosfat pada gula, kaldu, dan susu bubuk.
8. Pemutih dan pematang tepung yakni bahan tambahan pangan yang dapat mempercepat proses pemutihan tepung dan atau pematangan tepung sehingga dapat memperbaiki mutu pemanggangan. Tepung gandum yang baru dihasilkan dari penggilingan biji gandum memiliki warna yang kurang putih sehingga mutu pemanggangannya kurang baik. Apabila tepung tersebut disimpan warnanya akan semakin putih dan mutu pemanggangannya semakin baik. Proses tersebut dapat dipercepat dengan penambahan pemutih dan pematang tepung sehingga tidak perlu disimpan terlalu lama sebelum dipasarkan. Contoh pemutih dan pematang tepung adalah amonium persulfat, aseton peroksida, dan benzoil peroksida.

9. Pengemulsi, pemantap dan pengental yakni bahan tambahan pangan yang dapat membantu terbentuknya atau memantapkan sistem dispersi yang homogen pada pangan. Bahan ini biasanya ditambahkan pada makanan yang mengandung air dan minyak, seperti saus selada, es krim, dan margarin. Contoh bahan ini adalah (a) pektin pengental pada jamu, jeli, marmalade, minuman ringan, dan es krim, (b) gelatin pemantap dan pengental pada sediaan keju., (c) karagenan dan agar pemantap dan pengental produk susu dan keju (d) polisorbat pengemulsi pada pembuatan es krim dan kue.
10. Pengeras yakni bahan tambahan pangan yang dapat mengeraskan atau mencegah melunaknya pangan. Bahan ini biasanya ditambahkan pada buah yang dikalengkan. Contoh bahan pengeras (a) kalsium klorida, kalsium glukonat, dan kalsium sulfat pada buah yang dikalengkan, seperti apel dan tomat., (b) aluminium sulfat, aluminium kalium sulfat, aluminium natrium sulfat yang biasa digunakan untuk acar ketimun dalam botol
11. Sekuestran yakni bahan tambahan pangan yang dapat mengikat ion logam yang ada dalam pangan sehingga mencegah terjadinya oksidasi yang menimbulkan perubahan warna dan aroma. Bahan ini biasanya ditambahkan pada lemak dan minyak serta pangan yang mengandung lemak dan minyak, misalnya daging dan ikan. Contoh sekuestran kalsium dinatrium EDTA dan dinatrium EDTA, asam sitrat, asam fosfat dan garamnya.
12. Enzim yakni bahan tambahan pangan yang berasal dari tanaman, hewan, atau mikroba yang dapat menguraikan pangan secara enzimatik. Bahan ini umumnya ditambahkan untuk mengatur proses fermentasi pangan. Contoh enzim (a) rennet yang digunakan

dalam pembuatan keju (b) amylase dari *Aspergillus niger* atau *A. Oryzae* digunakan pada tepung gandum untuk memberikan flavor dan tekstur yang diinginkan.

13. Penambah gizi yakni bahan tambahan pangan berupa asam amino, mineral, atau vitamin, baik tunggal maupun campuran yang dapat memperbaiki atau memperkaya nilai gizi makanan. Contoh penambah gizi asam askorbat, feri fosfat, inositol, tokoferol, vitamin A, vitamin B_{12}, dan vitamin D.
14. Bahan tambahan pangan lain, seperti: (a) antibusa yang dapat menghilangkan busa yang timbul karena pengocokan dan pemasakan. Contoh Dimetilpolisiloksan antibusa pada jam, jeli, marmalad, minyak dan lemak, sari buah dan buah nanas kalengan, silikon dioksida amorf antibusa pada minyak dan lemak; (b) humektan yang menurunkan aktivitas air pangan contoh triasetil pada adonan kue. gliserol pada keju, es krim, dan sejenisnya; (c) bahan pembantu (*Processing aid)* bahan yang terutama diperlukan pada waktu pengolahan. Contoh kalsium karbonat sebagai pelarut pada pembuatan sari buah anggur. heksan sebagai pelarut pada pembuatan lemak coklat; (d) *Carrier solvent*: bahan yang digunakan untuk melarutkan bahan baku atau bahan tambahan lain yang jumlah penggunaannya sedikit, misalnya bahan pewarna, penyedap rasa dan aroma. Contoh: gliserol dan propilen glikol; (e) penyalut: bahan yang digunakan untuk menyalut makanan. Contoh: malam kuning yang digunakan sebagai penyalut pada kembang gula dan makanan lain. (f) pengisi (*body*, *texturizer*), contohnya selulosa mikrokristal sebagai pengisi pada krim susu, es krim, dan semacamnya; (g) karbonasi dan gas pengisi Contoh: CO_2 dan nitrogen yang biasa digunakan untuk karbonasi pada bir, sari buah, minuman ringan, dan makanan kaleng.

BAB XIII

IRADIASI PANGAN

Radiasi adalah transfer energi tanpa media atau pemancaran energi dari suatu sumber ke penerima energi tersebut. Iradiasi juga dapat didefinisikan sebagai pengunaan energi radiasi buatan untuk mempengaruhi atau mengubah sebagian keseimbangan materi/energi dengan tujuan tertentu. Iradiasi pangan adalah pemancaran energi radiasi dengan dosis terukur untuk mereduksi atau mengeliminasi mikroorganisme patogen, membunuh serangga, mereduksi pembusukan, menghambat pemasakan (inhibit sprouting and delay ripening).

Proses iradiasi pangan sering disebut *cold Pasteurization* karena dapat membunuh baktri tanpa panas. Iradiasi dapat mereduksi atau mengeliminasi bakteri patogen termasuk *E.coli; Salmonella, Campylobacter.*

Dalam industri pangan, iradiasi dapat dimanfaatkan untuk menurunkan penyusutan pangan karena serangga, serangan patogen dan pembusukan dan penurunan perhatian konsumen terhadap penyakit yang disebabkan pangan terkontaminasi serta menolong memerintah dalam perdagangan pangan.

Penggunaan iradiasi pada pangan mempunyai sejarah yang panjang. hal tersebut berhubungan dengan kontroversial dari keamanan pangan yang diiradiasi. Berikut ini disajikan perkembangan penggunaan iradiasi pada pangan

- Tahun 1895 : publikasi pertama ide iradiasi pangan
- Tahun 1920 : penemuan penggunaan iradiasi pangan untuk pengawetan
- Tahun 1957: penggunaan iradiasi untuk membunuh insekta dan telur insekta pada tanaman di Jerman

- Tahun 1963 : izin penggunaan iradiasi untuk mengeliminasi infestasi insekta pada tananam dan tepung gandun
- Tahun1964 : izin penggunaan iradiasi untuk mencegah sprouting pada kentang
- Tahun 1970 : NASA menggunaan pangan yang telah diiradiasi untuk astronaut
- Tahun 1983 : izin penggunaan iradiasi untuk tanaman,., sayuran dan bumbu penyedap
- Tahun 1985 : izin penggunaan iradiasi untuk mengontrol cacing trichinella spiralis pada daging babi
- Tahun 1986 : izin pengunaan iradiasi untuk mengontrol insekta dan pemasakan buah dan sayuran
- Tahun 1990 : FDA memberi izin penggunaan iradiasi untuk mengontrol bakteri pada unggas dan USDA memberi izin pada tahun 1992
- Tahun 1997 : FDA memberi izin penggunaan iradiasi untuk mengontrol bakteri pada daging merah dan USDA memberi izin pada tahun 2000
- Tahun 2000 : izin penggunaan iradiasi pada telur
- Tahun 2002 : petisi penundaan penggunaan iradiasi untuk pangan hasil laut (seafood), sprouts, dan pangan siap konsumsi.

Mekanisme kerja iradiasi pada pengawetan pangan adalah Memberikan energi yang dapat memecah DNA bakteri, parasit, insekta, kapang dll. Sumber energi iradiasi dapat berasal dari sinar Gamma yang berasal dari Cobalt 60 dan Cesium 137., sinar X dan pancaran elektron.

Berdasarkan spektrum elektromagnetiknya. iradiasi pangan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu (1) radiasi panas yang berasal dari pancaran energi elektromagnetik dengan frekwensi rendah (panjang gelombang besar) dan (2) radiasi pengion yang berasal dari gelombang elektromagnetik dengan frekwensi tinggi (panjang gelombang pendek). Radiasi panas digunakan untuk penguapan air, pengeringan, atau proses pengolahan atau pengawetan lainnya yang memerlukan panas, biasanya digunakan sinar infra merah yang sebagian besar energinya dalam bentuk transfer panas. Radiasi

panas juga digunakan untuk pengendalian hama gudang dan pengamanan bahan pangan selama penyimpanan, misalnya penggunaan ultrasonik.

Radiasi pengion mempunyai energi yang lebih besar dari pada radiasi panas dan mempunyai daya tembus yang relatif besar serta sedikit menimbulkan perubahan. Radiasi pengion dapat berasal dari sinar ultraviolet, sinar alfa, gama, dan beta, tetapi yang banyak digunakan adalah sinar gamma. Disebut radiasi pengion karena arus partikel elektrik (sinar X dan sinar gamma) yang dibentuk oleh pancaran elektron mempunyai energi yang lebih tinggi dibandingkan radiasi non-pengion seperti sinar, mikrowave atau gelombang radio. Radiasi terpancar pada produk tanpa menimbulkan produk menjadi radioaktif namun perbedaan jenis produks menyebabkan perbedaan jumlah radiasi yang harus digunakan.

Gambar 15. Bentuk radiasi berdasarkan panjang gelombang

Dosis dan efek iradiasi

Pengunaan dosis iradiasi pada pangan berperan penting dalam membunuh atau menghilang organisme target. Dosis adalah jumlah energi yang ditransfer (Satuan rad (lama); Satuan gray (Gy) (baru) 1 million rad = 10kGy atau 1 kGy = 100,000 rad. Secara umum terdapat tiga kriteria dosis iradiasi yaitu dosis rendah, medium dan tinggi. Dosis rendah (< 1 kGy) disebut radurisasi digunakan untuk pengendalian serangga pada bijian-bijian dan buah, menghambat perkecambahan pada umbi-umbian, menghambat

pematangan pada beberapa buah dan sayuran, dan mengurangi masalah parasit pada produk hasil ternak seperti *Trichinella spiralis* pada daging babi. Dosis medium (1-10 kGy) disebut radicidasi digunakan untuk membunuh sebagian besar mikroorganisme patogen termasuk *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Yersinia*, *Listeria* dan *E. coli*, membunuh serangga dan parasit, menghambat pertumbuhan jamur pada buah-buahan termasuk strawberi serta digunakan untuk desinfektan dan pasteurisasi. Dosis tinggi (> 10 kGy) disebut rappertisasi digunakan untuk membunuh semua mikroorganisma. virus dan serangga serta sterilisasi pangan secara komersial. Iradiasi menyebabkan berbagai perubahan pada sel hidup. Dosis tinggi membunuh semua mikroba dan insekta, dosis rendah menyebabkan kerusakan beberapa jenis enzim serta menghambat pembelahan sel, reproduksi mikroba, serangga dan parasit.

Pada akhir-akhir ini terdapat perubahan regulasi dosis iradiasi pangan. FDA mengizinkan dosis 0.3-1.0 kGy untuk mengontrol *Trichina* pada daging babi. Dosis yang diizinkan oleh FDA untuk mengontrol bakteri pada daging ayam segar dan kemasan adalah 1.5-3.0 kGy sedangkan untuk daging sapi segar dan kemasam adalah 1.5 - 4.5 kGy. Dosis yang diizinkan untu disinfektan serangga pada terigu adalah 0.2-0.5 kGy. penghambatan perkecambahan umbi kentang 0.05-0.15 kGy. Penghambatan pematangan buah maksimal 1 kGy., dinfektan untuk sayuran maksimal 1 kGy. Kontrol mikroba pada sayuran bayam maksimal 30 kGy dan kontrol Salmonella pada ternak dan pakan ternak 2-25 kGy.

Iradiasi secara langsung dapat merusak fungsi sel atau komponen sel (DNA), untai tunggal DNA putus walaupun dapat diperbaiki pada beberapa kasus atau untai

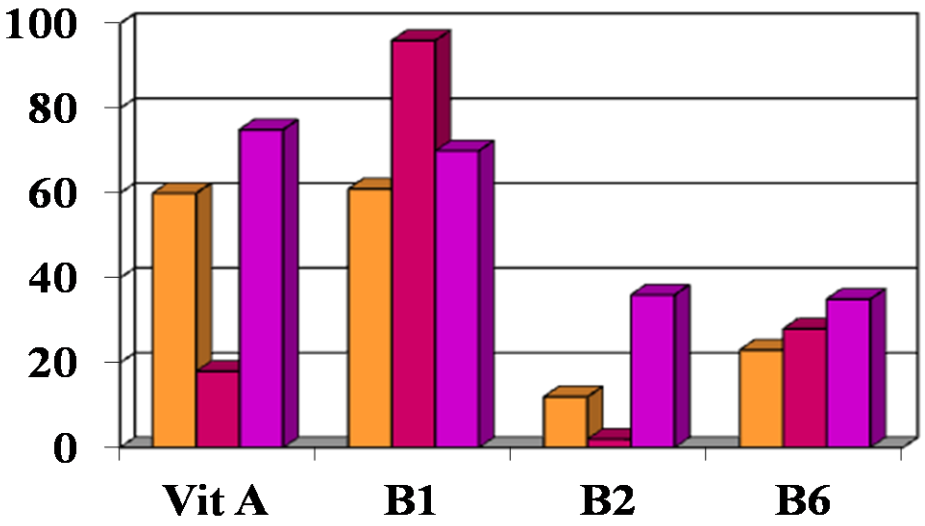
ganda DNA putus (tidak dapat diperbaiki). Iradiasi secara tidak langsung dapat membentuk produk radiolitik atau radikal bebas dari air (^{o}H, ^{o}OH) yang bertanggung jawab terhadap 90% keruasakan DNA.

Walaupun iradiasi dapat mengawetkan pangan, namun demikian penggunaan iradiasi yang tidak tepat dapat menimbulkan efek samping yang tidak diinginkan. Iradiasi dapat membentuk mutan atau perubahan genetik mikroba, hama atau mahluk hidup lain. Iradiasi dapat menyebabkan perubahan susunan dan reaksi kimia yang berlebihan sehingga dapat bersifat karsinogenik. Iradiasi juga dapat menstimulasi kerusakan lain yang lebih parah.

Mekanisme pengawetan

Aktivitas radikal bebas merupakan mekanisme pengawetan iradiasi pangan. Iradiasi pangan dapat menyebabkan gangguan funsional senyawa (air, oksigen, protein, enzim, dan komponen lain). Air yang terkena radiasi (dosis cukup) akan menjadi H_2O^+ dan e^-, H_2O^+ terdisosiasi menjadi H^+ dan OHo (OH radikal) sedangkan e^- berinteraksi dengan air membentuk ion air negatif (H_2O^-). Dua buah OHo berinteraksi akan membentuk H_2O_2 (hidrogen peroksida) dan oksigen. Hidrogen peroksida adalah oksidator kuat dan beracun untuk mahluk hidup kecuali mikroba yang mempunyai enzim katalase. Ion hidrogen (H^+) akan mempengaruhi pH, reaksi kimia dan kerja enzim dalam sel. Protein yang paling rawan terhadap iradiasi adalah protein yang mengandung sulfur, sulfur dan amin dapat menjadi radikal atau ion yang dapat merusak stabilitas struktur dan fungsi sel.

Selain dapat mengawetkan pangan., iradiasi pangan dapat menyebabkan penurunan kadar vitamin. Beberapa jenis vitamin yang hilang pada daging sapi yang diiradisi disajikan pada Gambar berikut.



BAB XIV
PENGEMASAN PANGAN

Produk pangan sering kali melakukan perjalanan jauh dan lama dari produsen atau dari saat dipanen sampai akhirnya dikonsumsi. Produk pangan juga sering harus disimpan di dalam gudang sebelum didistribusikan. Semua tahapan tersebut dapat menyebabkan kerusakan karena penanganan yang salah, serta perubahan kondisi penyimpanan seperti cahaya, kelembaban dan suhu. Pengemasan pangan bertujuan untuk mencegah kerusakan fisik seperti tekanan, benturan atau getaran, mencegah kontaminasi mikroba, polusi, serangga, cacing dll., melindungi produk dari dehidrasi dan rehidrasi , melindungi nutrisi dan karakteristik sensori produk., menjaga produk dalam kondisi puncak dan meningkatkan umur simpan.

Kemasan pangan adalah suatu barang atau benda yang digunakan untuk menampung dan merapikan produk sehingga bahan pangan tersebut dapat disimpan dan ditransfer dengan mudah. Kemasan pangan selain dapat mencegah kerusakan pangan dan melindungi bahan pangan, kmasan juga bermanfaat sebagai wadah untuk produk, memudahkan penyimpanan produk di gudang, memudahkan pengiriman dan distribusi, sebagai pelindung produk di dalamnya dan sebagai sarana informasi dan promosi.

Efek pengawetan kemasan terhadap bahan pangan adalah kemampuan kemasan untuk mengisolasi bahan pangan dan melindungi bahan pangan dari pengaruh lingkungan luar. Secara ideal kemasan dapat mengawetkan bahan pangan dengan mencegah terjadinya kerusakan mekanis, kimiawi dan mikrobiologis. Namun demikian, setiap kemasan mempunyai ambang kemampuan dan spesifik kegunaan yang berbeda.

Jenis kerusakan mekanis seperti tekanan, benturan, hempasan, bantingan dll dapat terjadi pada bahan pangan. Kemasan dapat mengawetkan bahan pangan karena mempunyai sifat dapat menahan dan menghindarkan kerusakan mekanis terutama untuk kemasan yang bersifat kuat dan tegar (rigid) sehingga mampu menahan benturan dan goncangan. Kemasan untuk mengurangi efek benturan dan goncangan pada buah-buahan dan sayuran adalah kemasan yang dibuat dari logam, kayu atau plastik keras yang tahan benturan.

Kerusakan kimiawi pada bahan pangan dapat terjadi karena stimulasi udara, air, panas, perubahan cuaca, cahaya dll. Pengaruh air dan cuaca dapat dicegah secara langsung dengan kemasan kedap udara, sehingga air dan udara tidak dapat keluar atau masuk dan reaksi enzimatis terhambat. Efek panas dapat dihambat dengan kemasan yang dapat berfungsi sebagai isolator sehingga oksidasi dan autolisis serta degradasi terhambat. Efek cahaya dapat dihambat dengan kemasan yang tidak tembus cahaya. Efek kerusakan mikrobiologis dapat dihindari dengan menghindari kontaminasi dan mengontrol udara dan air dengan kemasan.

Tipe Kemasan

Menurut fungsinya, kemasan pangan digolongkan menjadi dua jenis yaitu kemasan primer dan kemasan non primer. Kemasan primer yaitu kemasan yang langsung berhubungan atau bersentuhan dengan pangan. Kriteria utama kemasan primer yang ideal adalah (a) kemasan tidak bersifat racun atau menimbulkan racun, (b) inert atau tidak bereaksi dengan bahan pangan, (c) mampu melindungi bahan pangan dari berbagai kontaminasi dan kotoran serta hama sejenisnya, (d) dapat memantapkan kondisi dan stabilitas bahan, kecuali perubahan tersebut dikehendaki sbagai bagian dari proses, (e) memenuhi syarat estitika dan dapat diterima masyarakat konsumen, (f) kemasan primer juga mempertimbangkan perlakuan misalnya harus tahan panas, kuat dan tidak korosif.

Kemasan non primer adalah kemasan yang tidak langsung berhubungan/bersentuhan dengan makanan atau bahan pangan yang dikemas. Fungsi utama kemasan non primer sebagai pelindung/pengawet selama distribusi dan transfortasi bahan pangan hingga sampai ke konsumen. Kriteria kemasan non primer yang utama adalah tahan beturan, ringan, kuat dan mudah diatur.

Menurut bahan pembuatnya, tipe kemasan terdiri atas kemasan logam dibuat dari logam sebagai bahan utamanya Untuk kemasan primer yang paling banyak digunakan adalah dalam bentuk kaleng yang terbuat dari plat tipis (tinplate). Kemasan non primer yang terbuat dari logam lebih beragam. Kemasan logam banyak digunakan untuk produk pangan yang berbentuk cair. Tin plate terdiri atas lembaran dasar baja yang dilapisi dengan timah putih (Sn) dengan cara pencelupan (hot dipping) atau elektrolisis, untuk menyempurnakan sistem kemasan, timah putih dilapisi bahan enamel (oleoresin, vinil, polibutadiena, fenolik dll). Alumunium adalah logam alternatif dalam pembuatan kemasan logam, almunium mempunyai bobot lebih ringan daripada tinplate, mudah dibentuk dan lebih tidak korosif. Kelemahan almunium adalah kurang tahan tekan dan jika dilipat membentuk patahan yang dapat menyebabkan bocor.

Kemasan gelas umumnya terbuat dari gelas yang mengandung silikat 70-75% dan sejumlah oksida anorganik . Sifat gelas inert, transfaran, relatif kuat, dapat dicetak dan dimodifikasi dalam pemberain warna dan kreasi. Kelemahan gelas: rentan terhadap benturan, daya rentang rendah, fleksibilitas terhadap perubahan suhu mendadak kurang dan mempunyai bobot relatif besar. Kemasan gelas umumnya digunakan untuk produk yang berbentuk cair atau produk yang harus melakukan perjalan jauh dan lama.

Bahan kemasan plastik seperti polietilen, selulosa, polivinilklorida (PVC), polivinildienaklorida (PVDC) dsb. Umumnya mudah mengembung jika terjadi perubahan

suhu, tidak tahan panas dan dapat transparan. Polietilena merupakan bahan kemasan yang banyak digunakan karena harganya relatif murah, kuat, transparan dan mudah direkatkan/dibentuk dengan panas. Polietilena dibagi dua golongan 2 : polietilina berkerapatan tinggi dan rendah. Polietilna berkerapatan tinggi : permeabilitas rendah, stabilitas tinggi terhadap panas, bersifat kaku. Polietilina berkerapatn rendah : sangat fleksible (untuk kantong) polyamide (nylon) sangat baik untuk menahan oksigen sehingga sering digunakan untuk pengemas vakum khususnya bahan pangan yang mudah mengalami oksidasi. polyethlene terephthalate (PET) : rigid, ringan, resiko pecah kurang banyak digunakan untuk produk minuman berkarbonasi. Polystyrene : banyak digunakan untuk tray dan sebagai isolator supaya produk tetap dingin sepeti eskrip, kopi, burger, telur dll. Selulosa merupakan komponen utama selofan yang merupakan pembungkus fleksibel. Kemasan selofan umunya dilapisi bahan protektif lain mis. PVC atau PVDC. PVDC digunakan untuk pelapis selopan karena kuat dan tahan transmisi udara atau uap.

Kemasan kertas mempunyai sifat praktis, fleksibel dan relatif murah dan mudah terurai. Kemasan kayu dan serat merupakan kemasan primer dengan sifat kuat, mudah dibentuk relatif murah. Kelemahan tidak kedap udara, tembus air, sistem sambungan kurang rapat sehingga mudah bocor.

Aplikasi kemasan

Kontruksi kemasan cenderung dibuat mengikuti sistem dan proses produk, jika akan dibuat untuk proses pemanasan makan kemasan harus tahan panas. Desain kemasan merupakn perwujudan konstruksi kemasan dapat berbentik rigid, atau non rogid disesuaikan dengan bahan pangan. Kemasan primer diberikan pada bahan pangan yang tidak segera dikonsumsi setelah pengolahannya. Buah-buahan segar dan matang tanpa pengolahan lebih

lanjut umunya digunakan kemasan primer yang rigid seperti kayu atau karton tebal. Buahan hasil olahan yang berbentuk cair umumnya botol atau kaleng.

Labelling

Pengemasan pangan juga didesain untuk menstimulasi secara visual dan membantu konsumen memberi informasi tentang produk. Informasi meliputi : nama produk, berat atau volume, komposisi kimia atau nutrisi, cara penyimpanan, tanggal kadaluarsa, bahan yang dapat menimbulkan alergi, nama dan alamat produsen atau distributor. Produk tertentu juga diberi label tentang informasi nutrisi, instruksi penyiapan dan pemasakan, bar code tentang identitas produk.

Faktor yang perlu diperhatikan dalam pengemasan pangan adalah penanganan mudah serta mudah dibuka., bentuk menarik dan mudah disimpan., warna kemasan., ukuran sesuai dengan jumlah produk., secara ekonomi kemasan dapat diproduksi., serta pertimbangan lingkungan misalnya kemasan mudah didaur ulang

Pengemasan modifikasi atmosfir (modified atmosphere packaging)

Modified atmosphere packaging (MAP) adalah teknik pengemasan yang digunakan untuk memperpanjang masa simpan produk pangan segar atau produk pangan yang diolah minimal. Komposisi udara disekitar produk di dalam kemasan diubah untuk mereduksi aktivitas mikroorganisme. Kesetimbangan pengemasan modifikasi attmosfir (Equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) umunya digunakan untuk mengemas produk pangan segar dalam bentuk potongan.

Pengaruh kemasan terhadap mutu produk pangan

Kemasan dapat berpengaruh terhadap mutu produk pangan karena perubahan fisik dan kimia akibat migrasi komponen atau zat kimia bahan pengemasan (monomer plastik.

Timah putih dan korosi). Perubahan cita rasa. Warna dan tektur akibat perpindahan uap air dan oksigen yang masuk ke dalam kemasan.

Pendugaan masa simpan

Masa simpan bahan pangan yang dikemas dapat diduga dengan percobaan laboratorium dengan mengetahi perubahan parameter yang berpengaruh dalam pengendalian kerusakan. Formula Buckle untuk menduga masa simpan bahan pangan :

$$S = \frac{(m_c - m_i) \times M \times 1{,}5 \times 10000}{(P \times A \times 150) - (75 + E)}$$

S = masa simpan (hari), P = permeabilitas uap air dari bahan kemasan (g/m2 hari pada suhu 25oC, RH 75%), A = luas permukaan seluruh kemasan (cm2), mc = kadar air produk waktu mulai disimpan (% dry basis), mi = kadar air keseimbangan produk dalam kemasan (% dry basis), M = berat produk (gram)

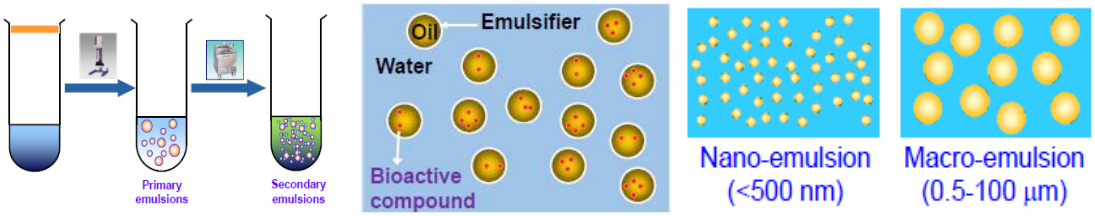
BAB XV
EMULSIFIKASI PANGAN

Emulsi adalah suatu sistem campuran yang terdiri dari dua fase cairan yang tidak saling melarut, salah satu cairan terdispersi dalam bentuk globula-globula di dalam cairan lainnya. Cairan yang terpecah menjadi globula-globula dinamakan fase terdispersi, sedangkan cairan yang mengelilingi globula-globula dinamakan fase kontinyu atau medium dispersi. Molekul-molekul pada kedua cairan tersebut tidak saling berbaur tetapi saling antagonistik. Emulsi terjadi karena setiap bahan pangan memiliki karakteristik yang berbeda sehingga setiap bahan pangan memiliki jenis emulsi dan pengaruh jenis emulsi yang berbeda-beda. Bila salah satu dari zat cair tersebut tersebar berbentuk butiran-butiran kecil ke dalam zat cair yang lain distabilkan dengan zat pengemulsi disebut emulgator (emulsifiying/surfactan). Emulsi tersusun atas tiga komponen utama, yaitu:

- *Fase terdispersi* (zat cair yang terbagi-bagi menjadi butiran kecil ke dalam zat cair lain (fase internal)
- Fase pendispersi (zat cair yang berfungsi sebagai bahan dasar (pendukung) dari emulsi tersebut (fase eksternal).
- Emulgator(zat yang digunakan dalam kestabilan emulsi).

Air dan minyak tidak dapat menyatu dan jika hendak mencampurkan air dan minyak, maka dalam sekejap keduanya akan memisah kembali disebabkan adanya perbedaan tingkat polaritas di antara dua zat tersebut. Air merupakan molekul yang memiliki gugus polar, sedangkan minyak merupakan zat yang memiliki gugus non

polar. Dalam suatu sistem campuran, gugus polar hanya dapat bersatu dengan gugus polar, sedangkan gugus non polar hanya dapat bersatu dengan gugus non polar.



Gambar 23. Proses emulsifikasi

Pada dasarnya terdapat dua tipe emulsi yaitu : a) emulsi A/M yakni butiran-butiran air terdispersi dalam minyak, air berfungsi sebagai fase internal dan minyak sebagai fase eksternal) dan b) emulsi M/A yaitu butiran-butiran minyak terdispersi dalam air. Pada emulsi A/M, maka butiran-butiran air yang diskontinyu terbagi dalam minyak yang merupakan fase kontinyu, sedangkan untuk emulsi M/A adalah sebaliknya. Kedua zat yang membentuk emulsi ini harus tidak atau sukar membentuk larutan dispersirenik.

Pengembangan produk pangan baru berbasis emulsi barkaitan erat dengan peran ganda emulsifier. Fenomena campuran air dan minyak yang cenderung berpisah dapat menyatu karena sifat emulsifier. Senyawa penyambung yang memiliki dua kutub berbeda, kutub polar dan non polar, berinteraksi secara spesifik dengan dua cairan yang tidak saling melarut. Di bawah kondisi normal, salah satu cairan terdispersi ke dalam cairan yang lain sebagai globula yang diameternya bervariasi antara 0,1 dan 100 µm. Bila campuran minyak dan air dikocok – memberikan energi mekanik – butiran-butiran minyak terdispersi ke dalam air dan emulsi terbentuk. Namun, sistem emulsi ini tidak stabil dan tak lama kemudian butiran minyak bergabung kembali. Agar butiran minyak atau air terdispersi secara baik dalam waktu lama dibutuhkan kehadiran zat pengemulsi yang tepat.

Perkembangan ilmu dan teknologi pangan kian pesat menghasilkan berbagai produk pangan olahan yang bertujuan untuk memenuhi permintaan konsumen yang makin beragam. Produk pangan emulsi yang dikenal di masyarakat antara lain *mayonnaise, french dressing, cheese cream*, kuning telur, serta susu.

Emulsi umumnya bersifat tidak stabil, yaitu dapat pecah atau lemak dan air akan terpisah, tergantung dari keadaan lingkungannya. Untuk menstabilkan sistem emulsi biasanya ditambahkan emulsifier. Emulsifier adalah zat-zat yang dapat mempertahankan sistem emulsi. Contoh penggunaan emulsifier dalam sistem emulsi adalah dalam saus selada dam mayonnaise. Emulsi saus selada dapat dipertahankan dengan menambahkan kuning telur sebagai emulsifier. Zat yang terpenting di dalam kuning telur yang dapat mempertahankan emulsi adalah fosfolipida, diantaranya yang terpenting adalah lecitin.

Daya kerja *emulsifier* terutama disebabkan oleh bentuk molekulnya yang dapat terikat baik pada minyak maupun air. Bila *emulsifier* tersebut lebih terikat pada air atau lebih larut dalam air (polar) maka dapat lebih membantu terjadinya dispersi minyak dalam air sehingga terjadilah emulsi minyak dalam air (o/w), contoh : susu. Bila emulsifier lebih larut dalam minyak (nonpolar) terjadilah emulsi air dalam minyak (w/o), contoh margarin, dan mentega. Emulsifier yang banyak terdapat di alam adalah fosfolipida, lesitin dan fosfatidil etanolamina. Fosfolipida merupakan turunan lemak, yang sebuah asam lemaknya tersubstitusi oleh asam fosfat yang teresterifikasi dengan gliserol pada salah satu atom karbon ujungnya. Jenis asam lemak yang terdapat pada atom karbon lain dalam gliserol sangat tergantung dari jenis fosfolipidnya, biasanya satu dari dua asam lemak tersebut merupakan asam lemak tidak jenuh. Gelatin dan albumen (putih telur) adalah protein yang bersifat sebagai emulsifier dengan kekuatan

biasa, kuning telur merupakan emulsifier kuat. Paling sedikit sepertiga kuning telur terdiri dari lemak, tetapi yang menyebabkan daya emulsifier yang kuat adalah kandungan lesitinnya yang terdapat dalam bentuk kompleks sebagai lesitin-protein.

Protein memiliki gugus polar di satu sisi dan memiliki gugus non polar di sisi lain. Emulsi terjadi karena ujung polar akan berikatan dengan air dan non polarnya berikatan dengan lemak dan keduanya kelihatannya seperti bercampur.

Lemak atau minyak dan air yang secara bersamaan terdapat dalam makanan atau minuman disebabkan oleh adanya bahan pengemulsi. Aktivitas emulsi protein merupakan kemampuan protein mengambil bagian dalam pembentukan emulsi dan dalam menstabilkan emulsi yang baru terbentuk. Kapasitas emulsi adalah kemampuan larutan atau suspensi protein untuk mengemulsikan minyak. Sedangkan stabilitas emulsi adalah kemampuan droplet emulsi untuk tetap terdispersi tanpa mengalami koalesens, flokulasi, dan creaming. Emulsi pangan dapat berupa oil in water (O/W) atau water in oil (W/O). Protein merupakan *surface active agents* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan interfasial antara komponen hidrofobik dan hidrofilik pada bahan pangan. Untuk memproduksi emulsi yang stabil, harus dipilih protein yang larut, memiliki grup bermuatan, dan memiliki kemampuan untuk membentuk film kohesif yang kuat.

Berdasarkan mekanisme hidrofobisitas, protein ampifilik yang memiliki hidrofobisitas permukaan yang tinggi diadsorpsi pada permukaan minyak/air. Protein yang diadsorpsi ini menurunkan tegangan interfasial yang membantu terbentuknya emulsi. Protein dengan kandungan asam amino non polar yang tinggi (lebih dari 30% dari total asam amino) menunjukkan aktivitas emulsi dan daya buih yang tinggi, namun memiliki daya gel yang rendah.

Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat emulsi protein, yaitu: 1) konsentrasi protein: stabilitas emulsi dipengaruhi oleh jumlah protein dalam preparasi, 2). nilai pH: beberapa protein memiliki daya emulsi yang optimal pada titik isoelektriknya seperti putih telur dan gelatin, sementara beberapa memiliki daya emulsi yang optimal pada pH yang jauh dari titik isoelektrik seperti protein kacang dan kedelai, 3). kekuatan ion: adanya garam menurunkan potensial repulsi elektrostatik dan dapat menurunkan stabilitas emulsi, 4). perlakuan panas, suhu merupakan faktor kritis dalam pembentukan emulsi. Pemanasan menyebabkan peningkatan penampakan viskositas pada beberapa protein, yang mempengaruhi sifat emulsi dari protein ini.

Beberapa proses dapat menyebabkan ketidakstabilan emulsi. Ketidakstabilan emulsi ini disebabkan oleh agregasi, koalesens, flokulasi, dan creaming. Koalesen menyebabkan terjadinya peningkatan ukuran droplet dan volume fase serta perubahan viskositas. Flokulasi dan koagulasi disebabkan oleh fenomena ukuran droplet lemak. Interaksi antara droplet lemak ini menyebabkan terjadinya flokulasi. Creaming disebabkan karena adanya perbedaan densitas antara fase minyak dan air. Droplet dengan ukuran lebih kecil dari 0,5 mm tidak menyebabkan creaming, karena itu reduksi ukuran droplet dapat menurunkan kemungkinan terjadinya creaming. Fungsi-fungsi pengemulsi pangan dapat dikelompokkan menjadi tiga golongan utama yaitu: a) untuk mengurangi tegangan permukaan pada permukaan minyak dan air, yang mendorong pembentukan emulsi dan pembentukan kesetimbangan fase antara minyak, air dan pengemulsi pada permukaan yang memantapkan antara emulsi, b) untuk sedikit mengubah sifat-sifat tekstur, awetan dan sifat-sifat reologi produk pangan, dengan pembentukan senyawa kompleks dengan komponen-komponen pati dan protein serta c)

untuk memperbaiki tekstur produk pangan yang bahan utamanya lemak dengan mengendalikan keadaan polimorf lemak.

Emulsifier atau zat pengemulsi didefinisikan sebagai senyawa yang mempunyai aktivitas permukaan (surface-active agents) sehingga dapat menurunkan tegangan permukaan (surface tension) antara udara-cairan dan cairan-cairan yang terdapat dalam suatu sistem makanan. Kemampuannya menurunkan tegangan permukaan menjadi hal menarik karena emulsifier memiliki keunikan struktur kimia yang mampu menyatukan dua senyawa berbeda polaritasnya. Sistem kerja emulsifier berhubungan erat dengan tegangan permukaan antara kedua fase (tegangan interfasial). Selama emulsifikasi, emulsifier berfungsi menurunkan tegangan interfasial sehingga mempermudah pembentukan permukaan interfasial yang sangat luas. Bila tegangan interfasial turun sampai di bawah 10 dyne per cm, maka emulsi dapat dibentuk. Sedangkan bila tegangan interfasial mendekati nilai nol, maka emulsi akan terbentuk dengan spontan.

Daya kerja emulsifier mampu menurunkan tegangan permukaan yang dicirikan oleh bagian lipofilik (non-polar) dan hidrofilik (polar) yang terdapat pada struktur kimianya. Ukuran relatif bagian hidrofilik dan lipofilik zat pengemulsi menjadi faktor utama yang menentukan perilakunya dalam pengemulsian. Emulsifier apabila lebih terikat pada air atau lebih larut dalam air (polar) maka dapat lebih membantu terjadinya dispersi minyak dalam air sehingga terjadilah emulsi minyak dalam air (o/w), misalnya pada susu. Emulsifier yang lebih larut dalam minyak (nonpolar) menyebabkan terjadinya emulsi air dalam minyak (w/o), contohnya pada mentega dan margarin Contoh-contoh emulsifier yang umum digunakan dalam bahan pangan adalah mono dan diglycerides, dikenal dengan istilah *discrete substances*, stearoyl lactylates, hasil reaksi dari asam sterik dan asam laktat, selanjutnya diubah ke dalam bentuk garam

kalsium dan sodium, bahan pengemulsi ini sering digunakan dalam produk-produk bakery.

Secara Umum Emulsifier dibedakan menjadi 2 yaitu emulsifier alami dan emulsifier buatan. Pengemulsi alami dibuat dari bahan-bahan yang berasal dari bahan alam misalnya telur (kuning dan putih telur), kedelai, tepung Kanji, dan susu bubuk.

Telur mengandung lipoprotein dan fosfolipid seperti lesitin yang dikenal sebagai misel. Struktur misel pada lesitin tersebut adalah bagian yang membuat emulsifier tersebut bekerja dengan baik. Gelatin dan albumin pada putih telur adalah protein yang bersifat sebagai emulsifier dengan kekuatan biasa dan kuning telur merupakan emulsifier yang paling kuat. Paling sedikit sepertiga kuning telur merupakan lemak, tetapi yang menyebabkan daya emulsifier kuat adalah kandungan lesitin dalam bentuk kompleks sebagai lesitin protein.

Gelatin adalah suatu jenis protein yang diekstraksi dari jaringan kolagen kulit, tulang atau ligamen (jaringan ikat) hewan. Nilai gizinya yang tinggi yaitu terutama akan tingginya kadar protein khususnya asam amino dan rendahnya kadar lemak. Gelatin kering mengandung kira-kira 84 – 86% protein, 8 – 12% air dan 2 – 4% mineral. Dari 10 asam amino essensial yang dibutuhkan tubuh, gelatin mengandung 9 asam amino essensial, satu asam amino essensial yang hampir tidak terkandung dalam gelatin yaitu triptofan. Penggunaan gelatin sangat luas karenakan gelatin dapat berfungsi sebagai bahan pengisi, pengemulsi (emulsifier), pengikat, pengendap, pemerkaya gizi. Gelatin mempunyai sifat luwes yaitu dapat membentuk lapisan tipis yang elastis, membentuk film transparan yang kuat, serta mempunyai daya cerna tinggi.

Kedelai sebagai bahan makanan memunyai nilai gizi cukup tinggi. Di antara jenis kacang-kacangan, kedelai merupakan sumber protein, lemak, vitamin, mineral dan serat yang paling baik. Biji kedelai mengandung minyak yang cukup tinggi dan air. Minyak dan air dalam biji kedelai dihubungkan oleh lesitin. Bahan inilah yang kemudian diambil atau diekstrak menjadi bahan pengemulsi yang dapat digunakan dalam produk-produk olahan.

Lesitin (fosfatidil kolina) adalah suatu fospolipid yang menjadi komponen utama fraksi fospatida pada ekstrak kuning tel atau kacang kedelai yang diisolasi secara mekanik, maupun kimiawi dengan menggunakan heksana. Lesitin merupakan bahan penyusun alami pada hewan maupun tanaman. Lesitin paling banyak diperoleh dari kedelai. Lesitin pada awalnya sekitar tahun 1890-an digunakan sebagai pengemulsi pada margarin, berupa kuning telur (mengandung lesitin tinggi), dan fosfatida lainnya. Lesitin merupakan bagian integral membran sel, dan dapat sepenuhnya dicerna, sehingga dapat dipastikan aman bagi manusia. Lesitin digunakan secara komersil untuk keperluan pengemulsi dan/atau pelumas, dari farmasi hingga bahan pengemas. Sebagai contoh, lesitin merupakan pengemulsi yang menjaga cokelat dan margarin pada permen tetap menyatu.

Tepung kanji, tapioka, tepung singkong, atau aci adalah tepung yang diperoleh dari umbi akar ketela pohon. Tepung kanji merupakan salah satu emulsifier yang baik untuk berbagai produk pangan. Tepung kanji memiliki sifat-sifat fisik yang hampir sama dengan tepung sagu sehingga penggunaan keduanya dapat dipertukarkan. Emulsifier tepung kanji dapat menghasilkan tekstur yang lunak pada zat terdispersi, selain itu juga menghasilkan butiran-butiran yang halus, serta dapat menyatu dengan zat terdispersi. Tepung kanji adalah salah satu tepung yang tidak membentuk gel. Gel

yang terbentuk akan membuat bahan makanan tidak dapat teraduk rata serta berviskositas tinggi. Tepung ini sering digunakan untuk membuat makanan dan untuk bahan perekat. Berbagai pangan tradisional menggunakan tepung kanji atau tapioka sebagai bahan baku, seperti bakso, batagor, siomay, comro, misro, cireng, dan pempek.

Susu bubuk adalah bubuk yang dibuat dari susu kering yang solid. Susu bubuk mempunyai daya tahan yang lebih lama dari pada susu cair dan tidak perlu disimpan di lemari es karena kandungan airnya sangat rendah. Susu bubuk selain sebagai pelengkap gizi, dapat pula berperan sebagai emulsifier yang baik dalam proses emulsi suatu bahan pangan. Susu bubuk merupakan emulsifier yang baik dari segi tekstur, kemantapan emulsi, ukuran dispersi, maupun rasa. Sebagai emulsifier, susu bubuk lebih terikat pada air atau lebih larut dalam air (polar) sehingga dapat lebih membantu terjadinya dispersi minyak dalam air dan menyebabkan terjadinya emulsi minyak dalam air. Bahan pangan deri tambahan susu bubuk sebagai emulsifier akan menghasilkan tekstur, aroma, dan rasa yang lebih bagus dibandingkan dengan bahan pangan yang sama yang tanpa ditambahkan emulsifier susu. Emulsifier susu bubuk dapat membuat tekstur zat terdispersi menjadi lunak, butiran zat terdispersi menjadi halus, dan meningkatkan kemantapan emulsi.

Selain emulsifier alami terdapat emulsifier buatan yang terdiri dari monogliserida, misalnya gliseril monostearat. Radikal asam stearat merupakan gugus nonpolar, sedangkan bagian sisa dari molekul, terutama dua gugus hidroksil dan gliserol, merupakan gugus yang polar. Sabun juga merupakan emulsifier yang terdiri dari garam natrium dengan asam lemak. Sabun dapat menurunkan tegangan permukaan air dan meningkatkan daya pembersih air dengan jalan mengemulsi mengemulsi lemak yang ada.

Monogliserida dan digliserida juga efektif digunakan sebagai emulsifier. CMC (*carboxyl methyl sellulose*) banyak digunakan sebagai stabilizer dalam pembuatan salad dressing. *French dressing* merupakan salah satu jenis *salad dressing* yang berbentuk bahan pangan cair yang dibuat dari minyak nabati, tidak kurang dari 35% berat, cuka atau *lemon juice*, lada dan mustard, dengan garam dan gula secukupnya. Sebelum dituang pada sayuran mentah, *french dressing* perlu dikocok lebih dulu agar minyak dan cuka bercampur dengan baik. Lada dan mustard bertindak sebagai *emulsifier*. *Mustard* berfungsi menurunkan tegangan permukaan air serta tegangan antara permukaan minyak dengan air (*interface tension*) sehingga minyak terdispersi dalam air. Butir-butir lemak yang terjadi biasanya besar-besar karena terjadinya dengan dikocok dan bila dibiarkan akan mengumpul kembali karena emulsifiernya kurang kuat. Beberapa jenis *french dressing* tidak terpisah kembali karena telah ditambahkan *stabilizer* ke dalamnya, yaitu gum, agar, akasia, karagenan, atau tragakan, gelatin. *Mayonnaise* adalah jenis bahan pangan berupa emulsi setengah padat yang dibuat dari minyak nabati, cuka/*lemon juice* atau asam sitrat, kuning telur, dan beberapa bumbu yaitu garam, gula, paprika, dan MSG. Kadar minyaknya tidak boleh kurang dari 65% berat, dan membentuk emulsi yang sangat halus dalam cuka atau *lemon juice*. Mayyonaise merupakan emulsi air dalam minyak dengan kuning telur berfungsi sebagai emulsifier.

Kestabilan emulsi

Bila dua larutan murni yang tidak saling campur/ larut seperti minyak dan air, dicampurkan, lalu dikocok kuat-kuat, maka keduanya akan membentuk sistem dispersi yang disebut emulsi. Secara fisik terlihat seolah-olah salah satu fasa berada di sebelah dalam fasa yang lainnya. Bila proses pengocokkan dihentikan, maka dengan sangat

cepat akan terjadi pemisahan kembali, sehingga kondisi emulsi yang sesungguhnya muncul dan teramati pada sistem dispersi terjadi dalam waktu yang sangat singkat. Kestabilan emulsi ditentukan oleh dua gaya, yaitu: 1) gaya tarik-menarik yang dikenal dengan gaya London-Van Der Waals, gaya ini menyebabkan partikel-partikel koloid berkumpul membentuk agregat dan mengendap, dan 2) gaya tolak-menolak yang disebabkan oleh pertumpang-tindihan lapisan ganda elektrik yang bermuatan sama. Gaya ini akan menstabilkan dispersi koloid. Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas emulsi, adalah: tegangan antarmuka rendah, kekuatan mekanik dan elastisitas lapisan antarmuka, tolakkan listrik double layer, relatifitas phase pendispersi kecil, dan viskositas tinggi. Tipe pengemulsi, konsentrasi pengemulsi, ukuran tetesan, pH, viskositas, stabilizers, pemanasan, pendinginan, pembekuan, atau pengguncangan diketahui juga berpengaruh terhadao stabilitas emulsi.

Emulsi dapat terjadi secara permanen dan temporer. Emulsi permanen merupakan bahan yang mampu membentuk selaput atau film di sekeliling butiran yang terdispersi sehingga mencegah bersatunya kembali butir-butir tersebut. Bahan tersebut dikenal sebagai emulsifier. Emulsi temporer terjadi misalnya pada suatu minyak dan air yang dikocok bersama-sama, akan terbentuk butir-butir lemak dan kemudian terbentuk suatu emulsi, tetapi apabila dibiarkan partikel-partikel minyak akan bergabung lagi dan memisahkan diri dari molekul air. Hal ini disebut sebagai emulsi temporer, oleh karena itu harus cepat digunakan, atau harus di kocok lagi sebelum waktu pemakaian. Contoh emulsi temporer adalah french dressing. Terdapat beberapa metoda pengukuran kestabilan tipe emulsi yaitu :

1. Pengenceran fase, setiap emulsi dapat diencerkan dengan fase externalnya. Dengan prinsip tersebut, emulsi tipe o/w dapat diencerkan dengan air sedangkan emulsi tipe w/o dapat diencerkan dengan minyak.
2. Pengecatan/pemberian warna, zat warna akan tersebar rata dalam emulsi apabila zat tersebut larut dalam fase external dari emulsi tersebut. Misalnya (dilihat dibawah mikroskop) (a) emulsi + larutan Sudan III dapat memberi warna merah pada emulsi tipe w/o, karena sudan III larut dalam minyak, (b) - emulsi + larutan metilen blue dapat memberi warna biru pada emulsi tipe o/w karena metilen blue larut dalam air.
3. Metode kertas saring, bila emulsi diteteskan pada kertas saring, kertas saring menjadi basah maka tipe emulsi o/w, dan bila timbul noda minyak pada kertas berarti emulsi tipe w/o.
4. Metode konduktivitas listrik, alat yang dipakai adalah kawat dan stop kontak, kawat dengan K ½ watt, lampu neon ¼ watt semua dihubungkan secara seri. Lampu neon akan menyala bila elektroda dicelupkan dalam cairan emulsi tipe o/w, dan akan mati dicelupkan pada emulsi tipe w/o.

Foaming (Buih)

Buih dapat didefinisikan sebagai sistem dua fase yang mengandung udara, yang dipisahkan dengan lapisan kontinu tipis yang disebut fase lamellar. Buih protein pada permukaan merupakan sistem yang kompleks, mengandung campuran gas, cairan, padatan, dan surfaktan. Distribusi ukuran buih mempengaruhi penampakan tekstur produk. Protein yang banyak digunakan sebagai pembentuk buih adalah putih telur, gelatin, kasein, protein kedelai, protein susu, dan gluten.

Protein pembentuk buih harus memiliki sifat-sifat berikut: dapat membentuk buih secara padat pada konsentrasi rendah, efektif pada kisaran pH yang luas, efektif pada media yang mengandung inhibitor buih seperti lemak, alkohol, atau substansi flavor.

Pembentukan buih terdiri dari 3 tahap yaitu: tahap protein globular berdifusi ke dalam permukaan udara-air dan menurunkan tegangan permukaan; tahap terbuka-nya lipatan protein pada permukaan; dan tahap interaksi polipeptida untuk membentuk film dengan denaturasi dan koagulasi parsial. Protein teradsorpsi pada permukaan dan membentuk film yang stabil mengelilingi buih dan membentuk buih.

Berbagai faktor-faktor dapat mempengaruhi daya buih protein. Nilai pH dapat mempengaruhi daya buih protein, pada titik isoelektrik atraksi elektrostatik maksimum, viskositas dan rigiditas meningkat dan buih yang stabil terbentuk. Buih yang tebal dan stabil dapat terbentuk pada konsentrasi protein yang tinggi karena adanya peningkatan ketebalan film interfasial. *Whipping* aids dapat ditambahkan pada protein untuk meningkatkan kapasitas buih menurunkan kerusakan protein akibat pengeringan dan pemanasan. Whipping aids komersial yang biasa digunakan adalah trietil sitrat dan gliseril triasetat. Etanol banyak digunakan sebagai whipping aids pada Industri bir. Sukrosa dengan konsentrasi 20% digunakan untuk melindungi putih telur selama pasteurisasi dan pengeringan. Penambahan NaCl mempengaruhi kapasitas buih protein karena garam mempengaruhi kelarutan, viskositas, unfolding, dan agregasi protein. Inhibitor buih merupakan substansi yang tidak larut air dan dapat menyebabkan rusaknya film protein. Lemak dalam jumlah yang rendah (0,1%) dapat menyebabkan rusaknya daya buih protein.

Metoda pengukuran daya buih dan stabilitas buih dapat dilakukan dengan metoda Taylor dan Bigbe (1973). Metode ini menghitung penambahan volume melalui pengocokan dengan mixer pada kecepatan sedang kemudian diteruskan dengan kecepatan tinggi masing-masing selama 90 detik. Sedangkan pengukuran stabilitas buih dapat dilakukan dengan menghitung perbandingan volume buih pada 30 menit dan 5 menit yang dihasilkan dengan melakukan pengocokan dengan menggunakan mixer pada kecepatan sedang kemudian dilanjutkan dengan kecepatan tinggi masing-masing selama 90 detik.

Penerapan metode kimia dan enzimatis untuk memodifikasi sifat kimia dan fungsional dari protein pangan memiliki sejarah panjang dari penggunaan, modifikasi protein secara kimiawi dan enzimatis sering dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat fungsionalnya, yaitu kelarutan, kapasitas penyerapan air, sifat pengemulsian, dan pembuihan. Modifikasi secara kimiawi dapat dilakukan dengan cepat dan biaya rendah, namun berperah terhadap nilai gizinya. Sedangkan modifikasi secara enzimatis membutuhkan jenis enzim dan kondisi proses yang spesifik, meskipun pengaruhnya terhadap nilai gizi kecil. seperti digambarkan oleh modifikasi enzimatik protein susu untuk menghasilkan yogurt dan keju.

Keju berasal dari protein susu (kasein) yang digumpalkan, kemudian dicetak. Penggumpalan kasein dapat terjadi akibat aktivitas enzim renin ataupun aktifitas bakteri asam laktat. Penambahan asam laktat ke dalam susu akan menyebabkan kasein menggumpal dan menimbulkan cita rasa serta aroma keju. Bakteri asam laktat yang biasa digunakan dalam proses pembuatan keju adalah *Lactobacillus* dan *Streptococcus*.

Yoghurt merupakan minuman susu asam yang dibuat dengan cara menambahkan bakteri laktat, misalkan *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* ke

dalam susu. Bakteri laktat berfungsi untuk mengumpulkan protein susu dan meningkatkan citarasa serta aroma yoghurt. Pada pembuatan yoghurt, susu dipasteurisasi terlebih dahulu, kemudian sebagian besar lemaknya dibuang. Mikroorganisme yang digunakan adalah bakteri asam laktat *L. bulgaricus* atau *S. thermophikus.* Kedua bakteri tersebut ditambahkan pada susu dalam jumlah yang seimbang, lalu disimpan dalam suhu 45˚C selama lima jam. Dalam penyimpanan ini pH turun menjadi 5,5 akibat aktifitas bakteri asam laktat. Setelah proses ini, susu didinginkan dan dapat ditambahkan cita rasa buah jika diinginkan.

Pembuatan roti memerlukan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroorganisme tersebut akan memfermentasikan gula di dalam adonan menjadi CO dan alkohol sehingga adonan mengembang. Dalam proses ini, ragi tidak memecah tepung menjadi gula karena tidak menghasilkan enzim amilase. Selain untuk mengembangkan dan meberikan rasa saat dipanggang, uap CO hasil fermentasi ragi juga meninggalkan tekstur yang khas dan menyebabkan roti menjadi ringan.

Dalam pembuangan mentega, mikroorganisme yang digunakan adalah *Streptococcus lactis* dan *Leuconostoc cremoris* yang membantu proses pengasaman. Setelah itu, susu ditambahkan dengan cita rasa tertentu, kemudian lemak mentega dipisahkan. Pengadukan lemak mentega menghasilkan mentega yang siap makan.

Pembuatan kecap memerlukan jamur *Aspergillus oryzae*. Jamur ini ditimbulkan dalam kulit gandum terlebih dahulu. Selanjutnya, jamur bersama-sama dengan bakteri asam laktat yang tumbuh pada kedelai yang sudah dimasak akan menghancurkan campuran gandum. Setelah melalui fermentasi karbohidrat yang cukup lama maka dihasilkan kecap.

Keunikan struktur

Secara definitif zat pengemulsi (emulsifier) disebut sebagai senyawa yang mempunyai aktivitas permukaan (surface-active agents) sehingga dapat menurunkan tegangan permukaan (surface tension) antara udara-cairan dan cairan-cairan yang terdapat dalam suatu sistem pangan. Kemampuannya menurunkan tegangan permukaan menjadi hal menarik karena emulsifier memiliki keajaiban struktur kimia yang mampu menyatukan dua senyawa berbeda polaritasnya. Menurut McClements, emulsifier mempunyai aktivitas permukaan yang dapat menurunkan tegangan permukaan (surface tension) antara udara-cairan dan cairan-cairan yang terdapat dalam suatu sistem emulsi. Kemampuan ini menjadi hal menarik karena emulsifier memiliki struktur kimia yang sedemikian rupa sehingga mampu menyatukan dua senyawa berbeda polaritasnya dan sekaligus melindungi lemak dari oksidasi karena berperan sebagai penghalang (barier) terhadap logam dan radikal-radikal bebas.

Kemampuan emulsifier menurunkan tegangan permukaan adalah dengan cara mematahkan ikatan hidrogen pada permukaan melalui penarikan kepala hidrofilik pada permukaan air dengan ekor hidrofobik terentang menjauhi permukaan air. Ekor zat pengemulsi yang bersifat hidrofobik memanjang ke dalam globula lemak, sedangkan kepala molekulnya menghadap ke air. Emulsifier memberikan mantel hidrofilik mengililingi globula lemak untuk membentuk emulsi.

Mekanisme pembentukan emulsi diawali dengam pemberian energi guna membentuk antar muka yang baru pada suatu sistem emulsi. Mula-mula suatu cairan didispersikan dengan cara mekanis ke dalam cairan yang lain. Besarnya kerja yang diperlukan untuk membentuk globula sangat ditentukan oleh besarnya diameter globula tersebut. Sekedar menyebut satu contoh, untuk mendispersi 1 ml minyak olive dengan

diameter 5 mikrometer dalam 10 ml air dibutuhkan energi sekitar 274.800 ergs. Namun, jumlah energi ini akan berkurang secara signifikan menjadi hanya 36.000 ergs bila menggunakan emulsifier, sebab zat pengemulsi ini dapat menurunkan tegangan antar permukaan dari 22,9 dyne/cm. menjadi 3 dyne/cm.

Dalam sistem emulsi minyak dalam air (oil-in-water), globula minyak dikelilingi oleh membran molekul emulsifier sehingga mencegah antar globula bergabung. Selain itu, membran emulsifier yang berada sebagai wilayah antar muka (interfacial region) dapat juga berperan sebagai perintang (barrier) guna melindungi minyak dari proses oksidasi yang diinduksi oleh logam-logam transisi atau radikal bebas. Mekanisme oksidasi minyak dalam sistem emulsi sangat berbeda dengan oksidasi minyak dalam bentuk curah karena fenomena lapisan antar muka. Proses oksidasi minyak dalam sistem emulsi adalah oksidasi antar muka (interfacial oxidation), yakni suatu reaksi yang tergantung pada kecepatan difusi oksigen dan interaksinya dengan asam lemak tidak jenuh, logam dan radikal bebas. Ini menunjukkan oksidasi minyak dalam sistem emulsi merupakan fenomena antar muka yang sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat antar muka itu sendiri. Pemahaman tentang lapisan antar muka menjadi menarik untuk menjelaskan fenomena ini karena sifatnya sebagai perintang fisik yang mengubah interaksi antara minyak dan prooksidan yang larut air.

Muatan listrik lapisan antar muka pada emulsi dapat dimodifikasi lewat penggunaan surfaktan anionik, kationik ataupun nonionik. Perbedaan muatan listrik menjadi penelitian yang menantang karena mempengaruhi daya tarik atau daya tolak elektrostatik emulsifier terhadap prooksidan dan antioksidan sehingga dapat mempercepat atau memperlambat reaksi oksidasi.

Panjang gugus polar surfaktan dan penambahan surfaktan di atas konsentrasi kritis miselar (critical micelles concentration, CMC) hingga membentuk misel dalam fase air diharapkan mampu menahan dan melarutkan lebih banyak komponen prooksidan yang mendekati wilayah antar muka sehingga dapat meningkatkan stabilitas oksidatif emulsi minyak. Meski sejumlah penelitian menunjukkan bahwa muatan listrik lapisan antar muka menjadi faktor penting dalam stabilitas oksidatif emulsi minyak dalam air, namun baru sedikit diketahui tentang bagaimana sifat-sifat lain lapisan antar muka berpengaruh terhadap stabilitas oksidatif.

Perilaku partisi antioksidan amat berpengaruh terhadap reaktivitasnya dalam sistem emulsi minyak dalam air. Antioksidan nonpolar yang berada dalam globula lemak lebih efektif menghambat oksidasi dibanding antioksidan polar yang secara nyata terpartisi ke dalam fase kontinyu. Emulsi yang mengandung surfaktan di atas CMC menghasilkan misel pada fase kontinyu. Misel akan mampu mempartisi dan melarutkan komponen antioksidan atau prooksidan yang mendekati globula lemak ke dalam fase air sehingga diharapkan stabilitas oksidatif emulsi lebih baik. Mekanisme ini diharapkan menjadi perspektif baru untuk mengawal stabilitas oksidatif emulsi minyak dalam air.

Pemilihan emulsifier yang tepat seperti panjang dan pendeknya gugus polar dan konsentrasi emulsifier yang digunanakan akan dapat memengaruhi mekanisme oksidasi minyak dalam sistem emulsi. Pemanfaatan misel surfaktan untuk melarutkan prooksidan ke fase air dapat dipahami sebagai suatu teknologi antioksidan karena dapat menarik ion logam-logam transisi dari globula lemak ke fase air. Metode ini dapat memberi cara yang lebih efektif untuk meningkatkan stabilitas oksidatif produk pangan olahan berbasis emulsi.

BAB XVI

PANGAN FUNGSIONAL

Pangan fungsional adalah pangan yang karena kandungan komponen aktifnya dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, diluar manfaat yang diberikan oleh zat-zat gizi yang terkandung di dalamnya. Menurut American Dietetic Association (ADA), yang termasuk pangan fungsional tidak hanya pangan alamiah tetapi juga pangan yang telah difortifikasi atau diperkaya dan memberikan efek potensial yang bermanfaat untuk kesehatan jika dikonsumsi sebagai bagian dari menu pangan yang bervariasi secara teratur pada dosis yang efektif.

Persyaratan Pangan Fungsional

Untuk dapat disebut sebagai pangan fungsional, paling tidak harus ada beberapa hal yang harus dipenuhi, yaitu:

(1). Harus berupa produk pangan, bukan kapsul, tablet atau bubuk dan berasal dari bahan yang terdapat secara alami.

(2). Dapat dan layak dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu sehari-hari

(3). Pangan fungsional harus mempunyai fungsi tertentu pada waktu dicerna, memberikan peran dalam proses tubuh tertentu, seperti memperkuat mekanisme pertahanan tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu

tubuh untuk memulihkan kondisi tubuh setelah terserang penyakit tertentu, menjaga kondisi fisik dan mental, dan memperlambat proses penuaan.

Bahan atau ingredien yang dapat mempertingi status kesehatan, digolongkan sebagai berikut : serat makanan (dietary fiber); oligosakarida; gula alkohol; asam amino, peptida dan protein; glikosida; alcohol; isoprenoid dan vitamin; kolin; mineral; bakteri asam laktat; asam lemak tidak jenuh; serta fitokimia dan antioksidan.

Makanan yang dikonsumsi sehari-hari berfungsi untuk mencukupi kebutuhan tubuh akan energi dan zat-zat gizi, baik makro maupun mikro. Namun seiring dengan perkembangan zaman, semakin meningkat pula berbagai penyakit degeneratif, yang penyebabnya diduga antara lain berasal dari perubahan pola konsumsi makanan, dan pola hidup. Kemajuan teknologi menyebabkan orang mulai beralih kepada konsep makanan siap saji, proses pengolahan makanan dengan menggunakan bahan tambahan pangan, makanan yang mengandung kadar lemak atau kadar gula yang tinggi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis makanan memiliki peran dalam mencegah maupun mengobati penyakit. Berawal dari konsep ini, maka lahirlah makanan fungsional. Secara sederhana, makanan fungsional didefinisikan sebagai makanan yang mempunyai fungsi tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan zat gizi dasar bagi tubuh, tetapi juga memiliki fungsi lainnya (Tapsell, 2009). Konsep makanan fungsional mula-mula berasal dari filosofi Hipropcates yaitu, “Let your food be your medicine and let your medicine be your food” (jadikanlah makananmu sebagai obatmu dan obatmu sebagai makananmu). Makanan fungsional ini sering disebut juga dengan makanan yang mempunyai fungsi kesehatan, khususnya untuk pencegahan (prevention) penyakit. Istilah makanan fungsional digunakan pertama kali oleh para peniliti di Jepang pada sekitar tahun 1984, ketika pemerintah Jepang mulai memikirkan anggaran untuk kesehatan bagi lansia yang menjadi tanggung jawab pemerintah, dan semakin lama semakin meningkat populasi lansia, sehingga diantisipasi dengan konsumsi makanan fungsional untuk mencegah berbagai penyakit dan meningkatkan kualitas hidup. Di Jepang, makanan fungsional ini diberi nama FOSHU (Food for Specified Health Uses), yaitu sebuah klaim bagi makanan yang diketahui secara ilmiah mengandung komponen yang mempunyai efek menguntungkan bagi kesehatan.

Aneka Ragam Pangan Fungsional

Bentuk fisik pangan fungsional yang mengandung bahan-bahan aktif atau bioaktif seperti tersebut di atas terdiri dari :

(1). Produk susu, misalnya susu fermentasi dan lactobacillus, yoghurt, Kefir.

(2). Minuman, yaitu minuman yang mengandung suplemen serat makanan, mineral, vitamin, minuman olahraga kaya protein yang mengandung kolagen dan lain3 lain,

(3). Makanan, misalnya roti yang mengandung vitamin A tinggi, serat makanan tinggi; biskuit yang diperkaya serat makanan, makanan dari bahan yang dikenal memiliki kandungan senyawa aktif berkhasiat seperti isoflavon dalam kedelai dan lain-lain.

- Sifat Fungsional Kedelai

  Kedelai dan Sifat Fungsionalnya Bagi Kesehatan Disamping bernilai gizi tinggi, para peneliti menemukan bahwa kedelai mempunyai banyak efek menguntungkan kesehatan bila dikonsumsi. Kacang kedelai merupakan sumber protein tercerna yang sangat baik. Meskipun kandungan vitamin (vitamin A, E, K dan beberapa ...

- Manfaat Kesehatan Protein Kedelai

  Pada postingan sebelumnya tentang Sifat Fungsional Kedelai, telah disebutkan bahwa kedelai adalah kacang-kacangan yang mengandung protein dalam jumlah tinggi. Kualitas protein kacang kedelai juga bagus

karena protein kedelai mengandung semua asam amino esensial yang dibutuhan tubuh manusia, dan dapat disejajarkan ...

- Pengertian Serat Makanan

  Pengertian Serat Makanan Istilah serat makanan (dietary fiber) harus dibedakan dengan istilah serat kasar (crude fiber) yang biasa digunakan dalm analisa proksimat bahan pangan. Serat makanan adalah bahan makanan residu sel tanaman yang tidak dapat dihidrolisis (diuraikan) oleh enzim pencernaan ...

- Manfaat Diet Tinggi Serat Makanan pada Obesitas

  Pada masa lalu, serat makanan hanya dianggap sebagai sumber energi yang tidak tersedia (non-available energi source) dan hanya dikenal mempunyai efek pencahar perut. Namun berbagai penelitian telah melaporkan hubungan antara konsumsi serat makanan dan insiden timbulnya berbagai macam penyakit diantaranya ...

- Diet Seimbang : Cara sehat menurunkan berat badan agar langsing alami

  Setiap orang yang bermasalah dengan berat badan pasti sudah akrab dengan istilah diet. Tetapi, mengertikah Anda apa yang dimaksud dengan diet itu? Dan bagaimanakah diet yang benar itu? Baca artikel ini untuk penjelasan lebih lanjut dan temukan solusi menurunkan berat

Suatu pangan dapat dikategorikan menjadi pangan fungsional jika memiliki tiga syarat utama yang harus dipenuhi yaitu :

1. Merupakan makanan atau minuman (bukan kapsul, tablet, atau serbuk) yang mengandung senyawa bioaktif tertentu yang berasal dari bahan alami.
2. Harus merupakan bahan yang dikonsumsi dari bagian diet sehari-hari.
3. Memiliki fungsi tertentu setelah dikonsumsi, seperti meningkatkan mekanisme pertahanan biologis, mencegah dan memulih-kan penyakit tertentu, mengontrol fisik dan mental, serta memperlambat proses penuaan dini.

Suatu pangan bisa disebut sebagai pangan fungsional jika memiliki kriteria sebagai berikut :

1. Pangan tersebut harus dapat meningkatkan fungsi diet dan kesehatan.
2. Nilai positif gizi dan kesehatan harus terbukti kuat dengan hasil penelitian secara empiris.
3. Anjuran konsumsi dari pangan tersebut harus mendapatkan persetujuan dari ahli gizi dan kesehatan.

4. Pangan dan komponen ingredien yang terkandung di dalamnya harus aman sesuai dengan diet seimbang.
5. Ingredien pangan yang terdapat didalamnya harus terkarakterisasi secara jelas dalam hal sifat fisik dan kimia, baik secara kuantitatif maupun kualitatif (metode yang digunakan untuk menganalisa dari sifat tersebut harus disertakan dengan jelas)
6. Ingredien pangan yang terdapat didalamnya tidak boleh menurunkan nilai gizi dari pangan tersebut.
7. Pangan tersebut harus dikonsumsi sesuai dengan asupan dan cara yang normal.
8. Pangan tersebut tidak boleh dalam bentuk tablet, kapsul, atau serbuk.
9. Ingredien pangan yang terdapat didalamnya harus berasal dari komponen alam

Klasifikasi Penggolongan Pangan Fungsional

Pangan fungsional dapat diklasifikasikan dengan menggunakan berbagai prinsip sesuai dengan badan atau aturan yang berlaku di negara yang bersangkutan. Berikut merupakan beberapa pengklasifikasian pangan fungsional menurut badan atau aturan yang berlaku di negara yang bersangkutan serta justifikasi ilmiah yang menyertainya.Berdasarkan Beberapa Prinsip yang Dikemukakan Juvan *et al.* (2005): Berdasarkan

golongan dari pangan tersebut (produk susu dan turunannya, minuman, produk sereal, produk kembang gula, minyak, dan lemak).

---

1. Berdasarkan penyakit yang akan dihindari atau dicegah (diabetes, osteoporosis, kanker kolon).
2. Berdasarkan efek fisiologis (imunologi, ketercernaan, aktivitas anti-tumor).
3. Berdasarkan kategori komponen bioaktif (mineral, antioksidan, lipid, probiotik).
4. Berdasarkan sifat organoleptik dan fisikokimia (warna, kelarutan, tekstur).
5. Berdasarkan proses produksi yang digunakan (kromatografi, enkapsulasi, pembekuan).

Klasifikasi Komponen Ingredien Pangan

Fungsi spesifik terhadap kesehatan	Komponen ingredien utama
Pangan untuk memodifikasi kondisi saluran pencernaan (gastrointestinal)	Oligosakarida, laktosa, bifidobakteria, bakteri asam laktat, serat pangan, dekstrin yang tercerna, polidekstrol, guar gum, biji pelapis psillium, dsb.)
Pangan yang berhubungan dengan level kolesterol darah	Kitosan, protein kedelai, natrium alginat yang terdegradasi

Pangan yang berhubungan dengan level gula darah	Dekstrin yang tidak tercerna, albumin gandum, polyphenol dari jambu dan teh, L-arabiosa, dsb.
Pangan yang berhubungan dengan tekanan darah	Laktotripeptida, kasein dodekaneptida, asam geniposidik, peptide sarden, dsb.
Pangan yang berhubungan dengan kesehatan gigi	Paratinosa, maltitiosa, erithritol, dsb.
Pangan yang berhubungan dengan kondisi saluran pencernaan (gastrointestinal) serta hubungannya dengan kolesterol dan triasilgliserol	Natrium alginat yang dapat terdegradasi, serat pangan dari dedak biji psyllium, dsb.
Pangan yang berhubungan dengan absorpsi mineral	Kalsium sitrat malat, kasein fosfopeptida, besi hem, frakuto-oligosakarida, dsb.
Pangan yang berhubungan dengan osteogenesis	Isoflavon kedelai, protein berbasis susu, dsb.
Pangan yang berhubungan dengan triasilgliserol	Asam lemak rantai sedang, dsb.

Jenis-jenis makanan fungsional

Makanan fungsional dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu berdasarkan sumber makanan dan cara pengolahan. Berdasarkan sumbernya, makanan fungsional dibedakan menjadi makanan fungsional nabati dan

makanan fungsional hewani. Makanan fungsional nabati adalah makanan fungsional yang berasal dari tumbuhan, contohnya: kedelai, beras merah, tomat, bawang putih, anggur, teh dan sebagainya. Makanan fungsional hewani adalah makanan fungsional yang berasal dari hewan, contohnya: ikan, susu dan produk-produk olahannya.

Berdasarkan cara pengolahannya, makanan fungsional dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu: makanan fungsional alami, makanan fungsional tradisional dan makanan fungsional modern. Makanan fungsional alami adalah makanan yang tersedia di alam dan tidak mengalami proses pengolahan, contohnya adalah buah-buahan dan sayur-sayuran yang dimakan segar. Makanan fungsional tradisional adalah makanan fungsional yang diolah secara tradisional, contohnya: tempe, dadih, dan sebagainya. Makanan fungsional modern adalah makanan fungsional yang dibuat secara khusus dengan menggunakan perencanaan dan teknologi khusus. Contohnya adalah makanan khusus untuk penderita diabetes seperti Diabetasol dan Diabetamil. Produk ini mengandung serat dan senyawa fungsional lain yang dapat menurunkan respon gula darah sehingga sangat baik untuk penderita diabetes.

Komponen makanan fungsional

Komponen makanan fungsional dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu: zat gizi dan non gizi. Zat gizi dapat berupa zat gizi makro

yang mempunyai efek fisiologis (contoh : resistant starch atau asam lemak omega 3) atau zat gizi mikro yang jumlah konsumsinya melebihi rekomendasi konsumsi per hari. Komponen non gizi contohnya adalah mikroorganisme atau bagian kimia dari tumbuhan. Komponen bioaktif dari makanan fungsional adalah:

a. Zat gizi: asam amino, beberapa jenis protein, asam lemak tak jenuh ganda (PUFA = polyunsaturated fatty acids), vitamin, mineral, dsb.

b. Non gizi : serat pangan, prebiotik, probiotik, fitoestrogen, fitosterol dan fitostanol, poliphenol dan isoflavon, gula alkohol, bakteri asam laktat, dsb.

Contoh senyawa-senyawa fungsional, sumber dan fungsinya masing-masing, dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Senyawa-senyawa fungsional, sumber dan fungsinya

Golongan	Senyawa	Sumber	Fungsi
Karotenoid	Beta-karoten	wortel, labu parang, ubi jalar	Menetralisir radikal bebas yang dapat merusak sel; meningkatkan pertahanan antioksidan seluler; dapat diubah menjadi vitamin A di dalam tubuh.
	Lutein, zeaxanthin	Bayam, jagung, telur, jeruk	Berperan dalam menjaga kesehatan mata
	Likopen	Tomat, semangka, anggur	Berperan dalam menjaga kesehatan prostat
Serat pangan	Serat tak larut	Bekatul gandum dan jagung	Berperan dalam menjaga kesehatan sistem pencernaan; menurunkan resiko beberapa jenis kanker
	Beta-glukan	Bekatul, oat, barley	Berperan dalam mengurangi resiko penyakit jantung koroner (PJK)
	Serat larut	Apel, jeruk, kacang polong	Berperan dalam mengurangi resiko penyakit jantung koroner (PJK) dan beberapa jenis kanker
Asam lemak	MUFA (monounsaturated fatty acids)	Minyak zaitun, minyak kanola, alpukat	Berperan dalam mengurangi resiko penyakit jantung koroner (PJK)
	PUFA, omenga-3-ALA	Kenari, rami	Berperan dalam menjaga kesehatan jantung, mental dan fungsi penglihatan
	PUFA, omega-3-DHA/EPA	Salmon, tuna, minyak ikan	Berperan dalam mengurangi resiko penyakit jantung koroner (PJK), berperan dalam menjaga kesehatan mental dan fungsi penglihatan

			pengimutan
	Asam linoleat terkonjugasi (CLA)	Daging sapi dan kambing, keju	Berperan dalm menjaga komposisi tubuh yang diinginkan dan fungsi kekebalan tubuh.
Flavonoid	Antosianin (sianidin, delfinidin, malvidin)	Beri, ceri, anggur merah	Meningkatkan pertahanan anti oksidan seluler, berperan dalam menjaga fungsi otak
	Flavonol (katekin, epikatekin, epigalokatekin, prosianidin)	Teh, kakao, cokelat, apel, anggur	Berperan menjaga kesehatan jantung
	Flavonon (hesperitin, naringenin)	Jeruk	Menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel, meningkatkan pertahanan antioksidan seluler
	Flavonol (quercetin, kaemppherol, isorhamnetin, myricetin)	Bawang Bombay, apel, teh, brokoli	Menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel, meningkatkan pertahanan antioksidan seluler
	Proantosianidin	Kakao, apel, stroberi, anggur, minuman anggur,	Berperan dalam menjaga kesehatan kandung kemih dan

		kacang tanah, kayu manis	jantung
Isothianat	Sulforafan	Kembang kol, brokoli, kubis	Berperan dalam meningkatkan detoksifikasi senyawa-senyawa yang tidak diinginkan, meningkatkan pertahanan antioksidan seluler
	Kalsium (Ca)	Sardine, bayam, yoghurt, produk-produk olahan susu rendah lemak, makanan dan minuman fortifikasi	Mengurangi resiko osteoporosis
	Magnesium (Mg)	Bayam, biji labu parang, roti utuh, serealia, kacang Brazil	Berperan dalam menjaga fungsi otot dan saraf normal, fungsi kekebalan dan kesehatan tulang
	Kalium (K)	Kentang, produk-produk olahan susu rendah lemak, roti utuh, serealia, jus jeruk, kacang polong, pisang	Mengurangi resiko tekanan darah tinggi dan stroke, dikombinasikan dengan asupan rendah garam (natrium)
	Selenium (Se)	Ikan, daging merah, biji-bijian, bawang putih, hati, telur	Menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel, meningkatkan fungsi kekebalan
Asam-asam fenolat	Asam kafeat, asam ferulat	Apel, pear, jeruk, kopi	Meningkatkan pertahanan antioksidan seluler, berperan dalam menjaga kesehatan penglihatan dan jantung
Stanol/sterol tanaman	Stanol/sterol bebas	Jagung, kedelai, gandum, makanan dan minuman fortifikasi	Mengurangi resiko PJK
	Stanol/sterol ester	Makanan fortifikasi	Mengurangi resiko PJK
Polyol	Gula alkohol (xylitol, sorbitol, manitol, laktitol)	Permen karet	Mengurangi resiko gigi busuk

Polyol	Gula alkohol (xylitol, sorbitol, manitol, laktitol)	Permen karet	Mengurangi resiko gigi busuk
Prebiotik	Inulin, FOS (fructooligosakarida), polidekstrosa	Biji-bijian utuh, bawang Bombay, bawang putih, madu, makanan dan minuman fortifikasi	Meningkatkan kesehatan pencernaan, meningkatkan penyerapan kalsium
Probiotik	Khamir, lactobacilli	Yoghurt, susu fermentasi, (Yakult, Vita Charm)	Meningkatkan kesehatan pencernaan, dan sistem kekebalan
Fitoestrogen	Isoflavon (daidzein, genistein)	Kacang kedelai dan makanan olahannya seperti tempe, tahu	Berperan dalam menjaga kesehatan tulang, otak dan fungsi kekebalan, untuk wanita berperan dalam menjaga kesehatan menopause
	lignan	Rami	Berperan dalam menjaga kesehatan jantung dan fungsi kekebalan
Protein kedelai	Protein kedelai	Kacang kedelai dan makanan olahannya seperti tempe, tahu	Mengurangi resiko PJK
Sulfida/Thiol	Diallyl sulphida, allyl methyl trisulphida	Bawang putih, bawang merah, bawang Bombay	Berperan dalam meningkatkan detoksifikasi senyawa-senyawa yang tidak diinginkan, berperan dalam menjaga kesehatan jantung dan fungsi kekebalan
	Dithiolthion	Sayuran	Berperan dalam meningkatkan detoksifikasi senyawa-senyawa yang tidak diinginkan, berperan

			dalam menjaga kesehatan fungsi kekebalan
Vitamin	A	Jeroan, susu, telur, wortel, ubi jalar, bayam	Berperan dalam menjaga kesehatan mata, fungsi kekebalan dan kesehatan tulang; berperan dalam menjaga integritas sel
	B1 (Thiamin)	Miju-miju, kacang polong, beras merah, kacang Brazil	Berperan dalam menjaga kesehatan fungsi mental, membantu mengatur metabolisme
	B2 (Riboflavin)	Daging rendah lemak, telur, sayuran hijau	Membantu mengatur pertumbuhan sel, membantu mengatur metabolisme
	B3 (Niasin)	Produk-produk olahan susu, daging unggas, ikan, kacang-kacangan, telur	Membantu mengatur pertumbuhan sel, membantu mengatur metabolisme
	B5 (asam pantotenat)	Jeroan, lobster, kacang kedelai, miju-miju	Membantu mengatur metabolisme dan sintesis hormon
	B6 (piridoksin)	Kacang polong, kacang-kacangan, ikan, daging, biji-bijian utuh	Berperan dalam menjaga fungsi kekebalan, membantu mengatur metabolism
	B9 (folat)	Kacang polong, jeruk, sayuran hijau, roti dan serealia fortifikasi	Mengurangi resiko wanita melahirkan bayi dengan cacat otak atau urat saraf tulang belakang
	B12 (kobalamin)	Telur, daging, daging unggas, susu	Berperan dalam menjaga kesehatan fungsi mental, membantu mengatur metabolisme dan mendukung pembentukan sel darah
	Biotin	Hati, salmon, susu, dan produk-produk olahannya, telur, tiram	Membantu mengatur metabolisme dan sintesis hormon
	Biotin	Hati, salmon, susu, dan produk-produk olahannya, telur, tiram	Membantu mengatur metabolisme dan sintesis hormon
	C	Jambu biji, cabai merah/hijau, kiwi, jeruk, stroberi	Menetralisir radikal bebas yang dapat merusak sel; berperan dalam menjaga kesehatan tulang dan fungsi kekebalan
	D	Sinar matahari, ikan, makanan dan minuman fortifikasi seperti susu, jus dan serealia	Membantu mengatur kalsium dan fosfor; membantu menyehatkan tulang; membantu kesehatan fungsi kekebalan; membantu pertumbuhan sel
	E	Biji bunga matahari, almond, hazelnut	Menetralisir radikal bebas yang dapat merusak sel; berperan dalam meningkatkan fungsi kekebalan dan menjaga kesehatan jantung

*contoh bukan merupakan daftar yang termasuk seluruhnya
**FDA menyetujui klaim kesehatan terhadap senyawa tersebut
***Bentuk provitamin A ditemukan pada makanan yang berasal dari hewan.

Provitamin A karotenoid banyak terdapat pada buah-buahan dan sayur-sayuran berwarna hijau gelap dan menjadi sumber vitamin A utama bagi vegetarian (Sumber : IFIC). Seringkali kita mendengar pepatah orang yang

mengatakan bahwa hidup ini adalah untuk makan. Beberapa lainnya tidak setuju dengan pepatah ini. Mereka lebih setuju untuk mengatakan bahwa makan untuk hidup. Manusia memang membutuhkan makanan untuk menunjang hidupnya. Berbicara mengenai makanan erat kaitannya dengan pangan. Menurut UU Pangan Nomor 18 Tahun 2012, pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan atau minuman.

Fungsi pangan yang utama bagi manusia adalah untuk memenuhi kebutuhan zat-zat gizi tubuh, sesuai dengan jenis kelamin, usia, aktivitas fisik, dan bobot tubuh. Fungsi pangan yang demikian dikenal dengan istilah fungsi primer (*primary function*). Selain memiliki fungsi primer, bahan pangan sebaiknya juga memenuhi fungsi sekunder (*secondary function*), yaitu memiliki kenampakan dan cita rasa yang baik. Setinggi apapun kandungan gizi suatu bahan pangan akan ditolak oleh konsumen apabila kenampakan dan cita rasanya tidak menarik dan tidak memenuhi selera konsumen. Oleh sebab itu kemasan dan cita rasa menjadi faktor penting

dalam menentukan apakah suatu bahan pangan sesuai selera dan dapat diterima atau tidak oleh konsumen.

Kebutuhan akan makanan mengalami pergeseran dari waktu ke waktu. Berawal dari istilah empat sehat lima sempurna, dimana setiap orang disarankan untuk memenuhi kebutuhan gizi melalui sumber karbohidrat (beras, ubi, gandum), lauk sebagai sumber protein dan lemak (ikan, tempe, tahu, daging, dan sebagainya), sayur sebagai sumber vitamin, serat dan mineral, buah sebagai sumber vitamin dan sebagai penyempurnanya adalah susu. Namun demikian, empat sehat lima sempurna tidaklah harus dipenuhi, mengingat kebutuhan masing-masing orang akan berbeda.

Kebutuhan makanan bagi setiap orang kemudian bergeser menjadi menu seimbang, dalam artian bahwa kebutuhan tiap individu tidak harus mengikuti empat sehat lima sempurna, namun disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing individu. Contoh, penderita diabetes mellitus memerlukan sumber energi yang berasal dari karbohidrat kompleks (ubi dan serat) yang mengurangi kecepatan pelepasan gula ke dalam tubuh. Anak-anak memerlukan lebih banyak sumber protein untuk pembangunan sel-sel tubuh, dengan diimbangi sumber karbohidrat yang sesuai dengan aktivitasnya.

Pergeseran kebutuhan bahan makanan terjadi lagi seiring dengan makin meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya hidup sehat. Bahan pangan yang kini mulai banyak diminati konsumen bukan saja yang

mempunyai komposisi gizi yang baik serta penampakan dan cita rasa yang menarik, tetapi juga harus memiliki fungsi fisiologis tertentu bagi tubuh. Fungsi yang demikian dikenal sebagai fungsi tertier (*tertiary function*).

Saat ini telah banyak diketahui bahwa di dalam bahan pangan terdapat senyawa yang mempunyai peranan penting bagi kesehatan. Senyawa tersebut mengandung komponen aktif yang mempunyai aktivitas fisiologis yang memberikan efek positif bagi kesehatan tubuh orang yang menkonsumsinya. Oleh karena itu lahirlah konsep pangan fungsional atau kesehatan (*functional food*).

The International Food Information (IFIC) mendefinisikan bahwa **pangan fungsional** sebagai pangan yang memberikan manfaat kesehatan di luar zat-zat dasar. Menurut Badan POM, pangan fungsional adalah pangan yang secara alamiah maupun telah melalui proses, mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan kajian-kajian ilmiah dianggap mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan. Pangan fungsional dikonsumsi sebagaimana layaknya makanan dan minuman, mempunyai karakteristik sensori berupa penampakan, warna, tekstur dan cita rasa yang dapat diterima oleh konsumen. Pangan fungsional juga tidak memberikan kontraindikasi dan tidak memberi efek samping pada jumlah penggunaan yang dianjurkan terhadap metabolisme zat gizi lainnya.

Persyaratan yang harus dimiliki oleh suatu produk agar dapat dikatakan sebagai pangan fungsional adalah:

1. Harus merupakan produk pangan (bukan berbentuk kapsul, tablet atau bubuk) yang berasal dari bahan (*ingredient)* alami
2. Dapat dan layak dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu sehari-hari
3. Mempunyai fungsi tertentu pada saat dicerna, serta dapat memberikan peran dalam proses tubuh tertentu, seperti: memperkuat mekanisme pertahanan tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu mengembalikan kondisi tubuh setelah sakit tertentu, menjaga kondisi fisik dan mental, serta memperlambat proses penuaan.
4. Jelas sifat fisik dan kimianya serta kualitas dan jumlahnya dan aman dikonsumsi
5. Kandungannya tidak boleh menurunkan nilai gizinya.

Berikut adalah contoh makanan yang termasuk ke dalam makanan fungsional: makanan yang mengandung bakteri yang berguna untuk tubuh (yoghurt dan kefir); bahan pangan yang mengandung serat, misalkan bekatul dan gandum utuh; Makanan yang mengandung senyawa bioaktif seperti polifenol untuk mencegah kanker misal teh, komponen sulfur (bawang) untuk menurunkan kolesetrol, daidzein pada tempe untuk mencegah kanker, serat pangan (sayuran, buah, kacang-kacangan) untuk

mencegah penyakit yang berkaitan dengan pencernaan. Orang bijaksana sering mengatakan bahwa "kesehatan adalah harta yang paling berharga dalam hidup ini". Sehat dan bugar adalah dua kunci yang sebaiknya dimiliki oleh setiap orang agar hidup ini menjadi lebih bermakna. Untuk mewujudkannya antara lain dapat kita lakukan melalui pengaturan makanan.

Dalam kehidupan modern ini, filosofi makan telah mengalami pergeseran, di mana makan bukanlah sekadar untuk kenyang, tetapi yang lebih utama adalah untuk mencapai tingkat kesehatan dan kebugaran yang optimal. Fungsi pangan yang utama bagi manusia adalah untuk memenuhi kebutuhan zat-zat gizi tubuh, sesuai dengan jenis kelamin, usia, aktivitas fisik, dan bobot tubuh. Fungsi pangan yang demikian dikenal dengan istilah fungsi primer (primary function).

Selain memiliki fungsi primer, bahan pangan sebaiknya juga memenuhi fungsi sekunder (secondary function), yaitu memiliki penampakan dan cita rasa yang baik. Sebab, bagaimanapun tingginya kandungan gizi suatu bahan pangan akan ditolak oleh konsumen bila penampakan dan cita rasanya tidak menarik dan memenuhi selera konsumennya. Itulah sebabnya kemasan dan cita rasa menjadi faktor penting dalam menentukan apakah suatu bahan pangan akan diterima atau tidak oleh masyarakat konsumen.

Selain memiliki fungsi primer, bahan pangan sebaiknya juga memenuhi fungsi sekunder (secondary function), yaitu memiliki penampakan dan cita rasa yang baik. Sebab, bagaimanapun tingginya kandungan gizi suatu bahan pangan akan ditolak oleh konsumen bila penampakan dan cita rasanya tidak menarik dan memenuhi selera konsumennya. Itulah sebabnya kemasan dan cita rasa menjadi faktor penting dalam menentukan apakah suatu bahan pangan akan diterima atau tidak oleh masyarakat konsumen.

Seiring dengan makin meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya hidup sehat, maka tuntutan konsumen terhadap bahan pangan juga kian bergeser. Bahan pangan yang kini mulai banyak diminati konsumen bukan saja yang mempunyai komposisi gizi yang baik serta penampakan dan cita rasa yang menarik, tetapi juga harus memiliki fungsi fisiologis tertentu bagi tubuh. Fungsi yang demikian dikenal sebagai fungsi tertier (tertiary function). Saat ini banyak dipopulerkan bahan pangan yang mempunyai fungsi fisiologis tertentu di dalam tubuh, misalnya untuk menurunkan tekanan darah, menurunkan kadar kolesterol, menurunkan kadar gula darah, meningkatkan penyerapan kalsium, dan lain-lain. Semakin tinggi tingkat kemakmuran dan kesadaran seseorang terhadap kesehatan, maka tuntutan terhadap ketiga fungsi bahan pangan tersebut akan semakin tinggi pula.

Dasar pertimbangan konsumen di negara-negara maju dalam memilih bahan pangan, bukan hanya bertumpu pada kandungan gizi dan kelezatannya, tetapi juga pengaruhnya terhadap kesehatan tubuhnya (Goldberg, 1994). Saat ini pangan telah diandalkan sebagai pemelihara kesehatan dan kebugaran tubuh. Bahkan bila dimungkinkan, pangan harus dapat menyembuhkan atau menghilangkan efek negatif dari penyakit tertentu.

Kenyataan tersebut menuntut suatu bahan pangan tidak lagi sekadar memenuhi kebutuhan dasar tubuh (yaitu bergizi dan lezat), tetapi juga dapat bersifat fungsional. Dari sinilah lahir konsep pangan fungsional (fungtional foods), yang akhir-akhir ini sangat populer di kalangan masyarakat dunia.

Kepopuleran tersebut ditunjang oleh suatu keyakinan bahwa di dalam pangan fungsional terkandung gizi-gizi dan zat-zat non gizi yang sangat penting khasiatnya untuk kesehatan dan kebugaran tubuh. Fenomena pangan fungsional telah melahirkan paradigma baru bagi perkembangan ilmu dan teknologi pangan, yaitu dilakukannya berbagai modifikasi produk olahan pangan menuju sifat fungsional. Saat ini, di Indonesia telah banyak dijumpai produk pangan fungsional, baik yang diproduksi di dalam negeri maupun impor.

Sejak tahun 1984, Pemerintah Jepang telah menyusun suatu alternatif pengembangan pangan fungsional dengan tujuan untuk memperbaiki fungsi-

fungsi fisiologis, agar dapat melindungi tubuh dari penyakit, khususnya penyakit degeneratif seperti jantung koroner, hipertensi, diabetes, osteoporosis, dan kanker. Diharapkan dengan pengembangan pangan fungsional dapat meningkatkan derajat kesehatan serta menekan biaya medis bagi masyarakat Jepang.

Sampai saat ini belum ada definisi pangan fungsional yang disepakati secara universal. The International Food Information (IFIC) mendefinisikan pangan fungsional sebagai pangan yang memberikan manfaat kesehatan di luar zat-zat dasar. Menurut konsensus pada The First International Conference on East-West Perspective on Functional Foods tahun 1996, pangan fungsional adalah pangan yang karena kandungan komponen aktifnya dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, di luar manfaat yang diberikan oleh zat-zat gizi yang terkandung di dalamnya.

Definisi pangan fungsional menurut Badan POM adalah pangan yang secara alamiah maupun telah melalui proses, mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan kajian-kajian ilmiah dianggap mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan. Serta dikonsumsi sebagaimana layaknya makanan atau minuman, mempunyai karakteristik sensori berupa penampakan, warna, tekstur dan cita rasa yang dapat diterima oleh konsumen. Selain tidak memberikan kontraindikasi dan tidak memberi

efek samping pada jumlah penggunaan yang dianjurkan terhadap metabolisme zat gizi lainnya.

Golongan senyawa yang dianggap mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu di dalam pangan fungsional adalah senyawa-senyawa alami di luar zat gizi dasar yang terkandung dalam pangan yang bersangkutan, yaitu: (1) serat pangan (deitary fiber), (2) Oligosakarida, (3) gula alkohol (polyol), (4) asam lemak tidak jenuh jamak (polyunsaturated fatty acids = PUFA), (5) peptida dan protei tertentu, (6) glikosida dan isoprenoid, (7) polifenol dan isoflavon, (8) kolin dan lesitin, (9) bakteri asam laktat, (10) phytosterol, dan (11) vitamin dan mineral tertentu.

Meskipun mengandung senyawa yang bermanfaat bagi kesehatan, pangan fungsional tidak berbentuk kapsul, tablet, atau bubuk yang berasal dari senyawa alami (Badan POM, 2001). Pangan fungsional dibedakan dari suplemen makanan dan obat berdasarkan penampakan dan pengaruhnya terhadap kesehatan. Kalau obat fungsinya terhadap penyakit bersifat kuratif, maka pangan fungsional hanya bersifat membantu pencegahan suatu penyakit.

Persyaratan pangan fungsional

Jepang merupakan negara yang paling tegas dalam memberi batasan mengenai pangan fungsional, paling maju dalam perkembangan industrinya.

Para ilmuwan Jepang menekankan pada tiga fungsi dasar pangan fungsional, yaitu:

1. sensory (warna dan penampilannya yang menarik dan cita rasanya yang enak),
2. nutritional (bernilai gizi tinggi),
3. physiological (memberikan pengaruh fisiologis yang menguntungkan bagi tubuh).

Beberapa fungsi fisiologis yang diharapkan dari pangan fungsional antara lain adalah:

1. pencegahan dari timbulnya penyakit,
2. meningkatnya daya tahan tubuh,
3. regulasi kondisi ritme fisik tubuh,
4. memperlambat proses penuaan, dan
5. menyehatkan kembali (recovery).

Menurut para ilmuwan Jepang, beberapa persyaratan yang harus dimiliki oleh suatu produk agar dapat dikatakan sebagai pangan fungsional adalah: (1) Harus merupakan produk pangan (bukan berbentuk kapsul, tablet, atau bubuk) yang berasal dari bahan (ingredien) alami, (2) Dapat dan layak dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu sehari-hari, (3) Mempunyai fungsi tertentu pada saat dicerna, serta dapat memberikan peran dalam proses tubuh tertentu, seperti: memperkuat mekanisme pertahanan tubuh, mencegah

penyakit tertentu, membantu mengembalikan kondisi tubuh setelah sakit tertentu, menjaga kondisi fisik dan mental, serta memperlambat proses penuaan.

Dari konsep yang telah dikembangkan oleh para ilmuwan, jelaslah bahwa pangan fungsional tidak sama dengan food supplement atau obat. Pangan fungsional dapat dikonsumsi tanpa dosis tertentu, dapat dinikmati sebagaimana makanan pada umumnya, serta lezat dan bergizi. Peranan dari makanan fungsional bagi tubuh semata-mata bertumpu kepada komponen gizi dan non gizi yang terkandung di dalamnya. Komponen-komponen tersebut umumnya berupa komponen aktif yang keberadaannya dalam makanan bisa terjadi secara alami, akibat penambahan dari luar, atau karena proses pengolahan (akibat reaksi-reaksi kimia tertentu atau aktivitas mikroorganisme).

Contoh-contoh komponen aktif yang terdapat secara alami dalam bahan pangan adalah:

1. Nerodiol dan linalool pada teh hijau yang berperan untuk mencegah karies gigi dan mencegah kanker
2. Komponen sulfur pada bawang-bawangan yang berfungsi untuk mencegah agregasi platelet dan menurunkan kadar kolesterol;
3. Kurkumin pada rimpang kunyit dan l-tumeron pada rimpang temulawak yang berkhasiat untuk pengobatan berbagai penyakit;

4. Daidzein dan genestein pada tempe yang berperan untuk menurunkan kolesterol dan mencegah kanker;
5. Serat pangan (dietary fiber) dari berbagai sayuran, buah-buahan, serealia, dan kacang-kacangan yang berperan untuk pencegahan timbulnya berbagai penyakit yang berkaitan dengan proses pencernaan; serta
6. Berbagai komponen volatil yang terdapat pada bunga melati (jasmin), krisan dan kamomil yang aromanya sering digunakan sebagai aromaterapi.

Contoh komponen zat gizi yang sering ditambahkan ke dalam bahan makanan adalah:

1. Vitamin A, vitamin E, beta-karoten, flavonoid, selenium, dan seng (zinc) yang telah diketahui peranannya sebagai antioksidan untuk mengatasi serangan radikal bebas yang menjurus kepada timbulnya berbagai penyakit kanker;
2. Asam lemak omega-3 dari minyak ikan laut untuk menurunkan kolesterol dan meningkatkan kecerdasan otak, terutama pada bayi dan anak balita;
3. Kalsium untuk menjaga kesehatan tulang dan gigi, mencegah osteoporosis (kerapuhan tulang) dan tekanan darah tinggi;
4. Asam folat untuk mencegah anemia dan kerusakan syarat;

5. Zat besi untuk mencegah anemia gizi;
6. Iodium untuk mencegah gondok dan kretinisme (kekerdilan);
7. oligosakarida untuk membantu pertumbuhan mikroflora yang dibutuhkan usus (bifido bacteria).

Contoh komponen aktif yang keberadaannya dalam bahan pangan akibat proses pengolahan adalah zat-zat tertentu pada produk fermentasi susu seperti yoghurt, yakult, kefir, fermentasi kedelai, dan lain-lain.

Pangan tradisional yang fungsional

Pangan fungsional dapat berupa makanan dan minuman yang berasal dari hewani atau nabati. Walaupun konsep pangan fungsional baru populer beberapa tahun belakangan ini, tetapi sesungguhnya banyak jenis makanan tradisional yang memenuhi persyaratan untuk disebut sebagai pangan fungsional.

Contoh pangan tradisional Indonesia yang memenuhi persyaratan pangan fungsional adalah: minuman beras kencur, temulawak, kunyit-asam, serbat, dadih (fermentasi susu khas Sumatera Barat), dali (fermentasi susu kerbau khas Sumatera Utara), sekoteng atau bandrek, tempe, tape, jamu, dan lain-lain. Contoh makanan tradisional mancanegara yang dapat dikategorikan sebagai makanan fungsional adalah: yoghurt, kefir, koumiss, dan lain-lain.

Beberapa contoh pangan fungsional modern adalah:

1. Pangan tanpa lemak, rendah kolesterol dan rendah trigliserida;

2. Breakfast cereals dan biskuit yang diperkaya serat pangan;
3. Mi instan yang diperkaya dengan berbagai vitamin dan mineral;
4. Permen yang mengandung zat besi, vitamin, dan fruktooligosakarida;
5. Pasta yang diperkaya dietary fiber;
6. Sosis yang diperkaya dengan oligosakarida, serat atau kalsium dari kulit telur;
7. Minuman yang mengandung suplemen dietary fiber, mineral dan vitamin;
8. Cola rendah kalori dan cola tanpa kafein;
9. Sport drink yang diperkaya protein;
10. Minuman isotonik dengan keseimbangan mineral;
11. Minuman untuk pencernaan;
12. Minuman pemulih energi secara kilat;
13. Teh yang diperkaya dengan kalsium, dan lain-lain.

Sesuai dengan definisinya bahwa pangan fungsional dapat dikonsumsi tanpa dosis tertentu, maka melibatkan pangan fungsional dalam menu sehari-hari adalah tindakan yang sangat baik dan tepat dari segi gizi. Konsumsi pangan fungsional dapat dilakukan oleh semua kelompok umur (kecuali bayi). Diversifikasi konsumsi pangan fungsional perlu diperkenalkan sedini mungkin sejak masa kanak-kanak, agar setelah dewasa

memperoleh manfaat dan khasiat yang optimal, yaitu sehat dan bugar, produktif, mandiri, serta berumur panjang.

Di masa mendatang kehadiran pangan fungsional atau yang diklaim sebagai pangan fungsional akan semakin semarak di Tanah Air kita ini. Sebagai konsumen yang bijak dan sadar akan pentingnya gizi bagi kesehatan, maka selayaknya kita memperhitungkan betul manfaat dari setiap rupiah yang kita keluarkan untuk membeli bahan makanan tersebut.

Kita harus terhindar dari perbuatan membeli makanan yang semata-mata didasari atas pertimbangan selera dan prestise, tetapi tidak berarti bagi pencapaian tingkat kesehatan yang optimal. Membaca label merupakan tindakan yang harus kita lakukan sebelum memutuskan untuk membeli suatu produk.

Adapun keterangan yang wajib dicantumkan pada label adalah: nama pangan, berat/isi bersih, nama dan alamat perusahaan, daftar bahan yang digunakan, nomor pendaftaran, waktu kedaluwarsa, kode produksi, informasi nilai gizi, keterangan tentang peruntukan (jika ada), cara penggunaan (jika ada), keterangan lain jika perlu diketahui (termasuk peringatan), dan penyimpanan.

Pembuatan atau produksi makanan fungsional

Produk makanan dapat dibuat menjadi fungsional dengan menggunakan beberapa pendekatan:

1. Menghilangkan komponen yang diketahui atau diidentifikasi menyebabkan efek merugikan saat dikonsumsi.
2. Meningkatkan konsentrasi komponen yang secara alami terdapat dalam bahan makanan sampai pada kadar dimana dapat menghasilkan fungsi yang diinginkan (contoh: fortifikasi dengan zat gizi mikro untuk mencapai konsumsi harian yang lebih tinggi dari rekomendasi asupan yang dianjurkan namun sesuai dengan anjuran pedoman diet untuk mengurangi resiko penyakit) atau meningkatkan konsentrasi komponen non gizi pada tingkat yang diketahui dapat meningkatkan manfaat yang diinginkan.
3. Menambahkan komponen yang tidak umum terdapat pada sebagian besar bahan makanan, tidak selalu berupa zat gizi makro atau zat gizi mikro namun mempunyai efek yang telah terbukti menguntungkan (contoh: vitamin non antioksidan, atau prebiotik fruktan).
4. Mengganti komponen, biasanya komponen zat gizi makro (contoh: lemak), yang umumnya dikonsumsi secara berlebih sehingga dapat menyebabkan efek yang merugikan, diganti dengan komponen yang mempunyai efek menguntungkan bagi kesehatan (contoh: chicory inulin seperti Rafticream seperti Orafti Tienen, Belgium).

5. Meningkatkan bioavibilitas atau stabilitas dari komponen yang diketahui dapat menghasilkan efek fungsional atau menurunkan resiko yang merugikan dari bahan makanan.

Secara praktis, makanan fungsional dapat berupa:

1. Bahan makanan alami, tanpa mengalami proses pengolahan atau modifikasi
2. Bahan makanan yang salah satu komponennya ditingkatkan melalui kondisi khusus perkembangbiakan atau secara bioteknologi
3. Penambahan komponen untuk menghasilkan potensi menguntungkan dari bahan makanan
4. Menghilangkan komponen dalam bahan makanan dengan menggunakan teknologi atau bioteknologi untuk menghasilkan potensi yang menguntungkan yang sebelumnya tidak tersedia
5. Mengganti komponen dalam bahan makanan dengan komponen lain yang lebih menguntungkan
6. Memodifikasi komponen dalam bahan makanan secara enzimatis, kimiawi atau teknologi tertentu untuk menghasilkan potensi yang menguntungkan
7. Memodifikasi bioavalibilitas komponen makanan
8. Kombinasi dari teknik-teknik di atas .

Tren Pasar Makanan Fungsional

Saat ini tren pasar makanan dan minuman fungsional di dunia telah meningkat secara dinamis. Jepang merupakan pasar terbesar di dunia (US$ 11.7 milyar), diikuti oleh Amerika Serikat dan Eropa. Tidak hanya di negara maju, permintaan makanan fungsional juga telah meningkat di negara berkembang seperti India, Brazil dan China. Diprediksi bahwa permintaan pasar terhadap makanan fungsional kemungkinan akan meningkat dua kali lipat dalam lima tahun mendatang.

Meningkatnya permintaan terhadap makanan fungsional dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain meningkatnya pendapatan, gaya hidup yang berhubungan dengan penyakit, dan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap masalah kesehatan. Meningkatnya kesadaran terhadap gaya hidup sehat dapat terlihat dengan adanya produk-produk makanan dengan klaim kesehatan seperti baik untuk kesehatan pencernaan, pengaturan berat badan, pengelolaan stress, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, R. dan Surono, I.S. 2009. Nutrition in Food Industry. SEAMEO – RECFON, Universitas Indonesia

Alcantara, T. S., Sanchez, J. Gome and A. Sanroman. 1999. Influence of carbon and nitrogen sources on *Flavobacterium g*rowth and zeaxanthin biosynthesis. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol*. 23:697-700.

An, GH., BG. Jang, OS. Suh, CJ. Kim and KB. Song. 2001. Iron (III) decreases astaxanthin production in *Phaffia rhodozyma* (*Xanthopyllomyces dendrorhous*). *Food Science and Biotechnology*. 10:204-207.

Andersen B and JC. Frisvad. 2002. Characterization of *Alternaria* and *Penicillium* species from similar substrata based on growth at different temperature, pH and water activity. System. *Appl. Microbiol*. 25:162-172.

Aro, N., T. Pakula and M. Penttila. 2005. Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi. *FEMS Microbiol Rev*. 29(4):719-739.

Balkan, B and F. Ertan. 2007. Production of α-amylase from *P. Chrysogeneum*. *Food Technol. Biotechnol*. 45(4):439-442.

Bekada AMA., B. Benakriche, K. Hamadi, and A. Bensoltane. 2008. Modeling of effects of water activity, pH and temperature on the growth rate of *Mucor racemous* isolated from soft camembert cheese. *World J. Agric. Sci*. 4(6):790-794.

Boonyapranai, K., R. Tungpradit, S Lhieochaiphant and S Phutraku. 2008. Optimization of submerged culture for production of naphthoquinones pigment by *Fusarium verticillioides*. *Chiang Ma J. Sci*. 35(3):457-466.

Cauto, SR and MA. Sanroman. 2005. Application of solid-state fermentation to food industry-a review. *Braz. Jour. of Microbiol*. 36:216-227.

Chandel, A.K., G. Chandrasekhar, K. Radhika, R. Ravinder and P. Ravindra. 2011. Bioconversion of pentose sugars into ethanol: a review and future directions. *Biotechnol and Molecular Biologi Review*. 61(1):008-020.

Chattopadhay, P., S. Chatterjee and SK. Sen. 2008. Biotechnological potential of natural food grade biocolorants. *Review. African Journal of Biotechnology*. 7(17):2972-2985.

Chellapandi, P and HM. Jani. 2008. Production of endoglucanase by the native strains of *Streptomyces* isolates in submerged fermentation. *Braz. J. Microbiology*. 39:122-127.

Chen MH and MR. Jonhs. 1993. Effect of pH and nitrogen source on pigment production by *Monascus purpureus. Appl. Microbiol and Biotech*. 40:132-138.

Chivez, R., S. Maity, and P. Chattopadhyay. 2008. The xylanolytic enzyme system from genus *Penicillium. J. Biotechnol*. 123:413-433.

Cho, YJ, HJ Hwang, SW. Kim, CH. Song and J.W Yun. 2002. Effect of carbon source and aeration rate on broth rheology and fungal morphology during red pigment production by *Paecilomyces sinclairii* in a batch bioreactor. *Journal of Biotechnology*. 95(1): 13-23.

Dale MC and Moelhman M. 2007. Enzimatic simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of biomass to ethanol in a pilot 130 liter multistage continous reactor separation. http://www.bio-process.com. Tanggal akses: 14 Oktober 2009.

Dhale, MA and V. Raj. 2009. Pigment and amylase production in *Penicillium sp* NIOM-02 and its radical scavenging activity. *Int. J. Food Sci. Technol*. 44(12):2424-2430.

daSilva R, Lago ES, Merheb CW, Macchione MM, Park YK and Gomes E. 2005. Production of xylanase and CMCASE on solid state fermentation in differentresidus by *Thermoascus auratiacus* Miehe. *Braz. J. Microbiol*. 35:235-241.

Dhale, MA and V. Raj. 2009. Pigment and amylase production in *Penicillium sp* NIOM-02 and its radical scavenging activity. *Int. J. Food Sci. Technol*. 44(12):2424-2430.

Diplock A, Aggett PJ, Ashwell M, Bornet F, Fern EB, Roberfroid MB, ed. (1999). "Scientific Concepts of Functional Foods in Europe Consensus Document". *Brit. J. Nutr*.(dalam bahasa English) (Cambridge: Cambridge University Press) **81**: pp S1–S27. doi:10.1017/ S0007114599000471

Duffosse, L. 2006. Microbial production of food grade pigment. *Food Technol. Biotechnol*. 44(3): 313-321.

European Union (2006). "Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods". *Official Journal of the European Union* (dalam bahasa English) (European Union) **L 12**: 3–18. PMID 18492856

Food Agriculture Orginasation (FAO). 2004. Production Year Book. Rome Italy.

Fellows, P. 2000. Food processing technology, principles and practice. *CRC Press*. Woodhead Pub. Cambrige. England.

Gao. L., H.S. Man, Z.L. Xing, and C.S. Yong. 2007. Effects of carbon concentration and carbon to nitrogen ratio on the growth and sporulation of several biocontrol of fungi. *Mycol Res*. 111(1):87-92.

Goldberg, I (1999). *Functional Foods (Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals)* (dalam bahasa English). Maryland: Aspen Publishers. ISBN 0-8342-1688-4.

Ichikawa, T (1999). In Goldberg I. *Functional Foods (Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals)* (dalam bahasa English). Maryland: Aspen Publishers. ISBN 0-8342-1688-4.

IFT Expert Panelist (2005). *Functional Foods: Opportunities and Challanges*. Washington DC: Institute of Food Technologist.

Juvan S, Bartol T, Boh B (2005). "Data structuring and classification in newly-emerging scientific fields.". *Online Information Review* (dalam bahasa English) (Emerald Group Publishing Limited) **29** (5): 483–49. doi:10.1108/14684520510628882. ISSN 1468-4527

Kennedy, M and D. Krouse. 1999. Strategies for improving fermentation medium performance: *A review. J. Ind. Microniol Biotechnol*. 23:456-475.

Kimi, SW., HJ. Hwang, CP Xu, JM Sung, JW Choi and JW Yun. 2003. Optimization of submerged culture process for production of mycelial biomass and exopolysaccharides by *Cordyceps militaris* C738, *J. Appl. Microbiol*. 94:120-126.

Kimura, S., N. Uhno., H. Fukuda, H. Takahashi, H. Shinoyama and F. Fujii. 1999. Growth characteristics and productivity of fruit-degrading enzymes in an apple blue mold. *Penicillium expansum. Jpn. J. Food. Microbiol*. 16:171-179.

Lima, VMG., N Krieger, MIM Sarquis, DA. Mitchell, LP. Ramos and JD. Fontana. 2003. Effect of nitrogen and carbon sources on lipase production by *Penicillium aurantiogriseum. Food Technol. Biotechnol.* 41(2):105-110.

Mapari SAS, Meyer AS, Thrane U and frisvad JC. 2009. Identification of potentially safe promising fungal cell factories for the production of polyketide natural food colorants using chemotaxonomic rationale. *Microbial Cell Factories*. 8:24:1-15.

Mustafa, U. and G. Kaur. 2009. Effects of carbon and nitrogen sources and ratio on the germination, growth and sporulation characteristics of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* isolates. *Afri. J.of Agric. Research*. 3(10) 922-930.

Panda, BP., S. Javed and M. Ali. 2007. Fermentation process optimization. *Res J. Microbiol*. 2:201-208.

Pazout, J and P. Schroder. 1988. Microcycle conidiation in submerged cultures of *Penicillium cyclopium* attained without changes. *J. General Microbiol*. 134:2685-2692.

Ray., B. 2005. Fundamental food microbiology. CRS Press. Thrid edition. London

Shah, F.A., S.W. Chong, and M.B. Tariq. 2005. Nutrition influences growth and virulence of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium arisopliae*. *FEMS Microbiol. Lett*. 251(2):259-266.

Sindhu, R., G.N. Suprabha and S. Shashidhar. 2009. Optimization of process parameters for the production af alkaline protease from *Penicillium godlewskii* SBSS 25 and its appliacation in detergent industry. *African J. of Microbio Resc*..

Stein AJ, Rodríguez-Cerezo E, ed. (2008). *Functional Foods in the European Union*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. doi:10.2791/21607. ISBN 978-92-79-09071-4.

Subroto, M.A. 2008. Real Food, True Health. AgroMedia Pustaka. Jakarta. Tapsell, L.C. 2009. Nutrients, Foods and Diets: Challenging Functional Food Development. Aust. J. Dairy Technology. 64:5-7.

Wildman, REC (2001). *Handbook of Functional Food and Nutraceuticals* (dalam bahasa English). Boca Raton: CRC Press. ISBN 0-8493-8734-5.

Yamada K, Sato-Mito N, Nagata J, Umegaki K (2008). "Health claim evidence requirements in Japan". *The Journal of Nutrition* (dalam bahasa English) (American Society for Nutrition) **138**: 1192S–1198S. PMID 18492856 IBPC OSACA Japan: FOSHU

TENTANG PENULIS

Dr. Ir. Tatang Sopandi, MP adalah Lektor Kepala pada Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Penulis telah menyelesaikan studi Sarjana Peternakan (S1) pada Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran Bandung, Magister Pertanian (S2) bidang Teknologi Pascapanen Hasil Pertanian pada Program Pasca sarjana Universitas Padjadjaran Bandung dan Doktor (S3) Biologi pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya. Mengikuti berbagai pelatihan antara lain Bridging Program di Queensland University of Technology, Australia. Penulis aktif melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat baik yang didanai oleh DIKTI maupun lembaga lain. Karya ilmiah penulis telah dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah baik nasional terakreditasi maupun internasional antara lain *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, *Asian Journal of Agricultural Research* dan *Journal of Applied Microbiology*. Buku ini adalah buku kedua yang terbit setelah buku pertama yang berjudul "Mikrobiologi Pangan".

Dr. Ir. Wardah, MP., MM adalah Lektor Kepala pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Penulis telah menyelesaikan studi Sarjana Peternakan (S1) pada Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Malang, Magister Teknologi Pascapanen Hasil Pertanian (S2) pada Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran, Bandung dan Magister Manajemen (S2) di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya serta Doktor (S3) Biologi pada Fakultas Sain dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya. Penulis aktif melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat baik yang didanai DIKTI maupun lembaga lain. Karya ilmiah penulis telah dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah baik nasional terakreditasi maupun internasional antara lain *Jurnal Obat Bahan Alam*, *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, *Asian Journal of Agricultural Research* dan *Journal of Applied Microbiology*. Buku ini adalah buku kedua yang terbit setelah buku pertama yang berjudul "Mikrobiologi Pangan".