

Pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme dalam pangan



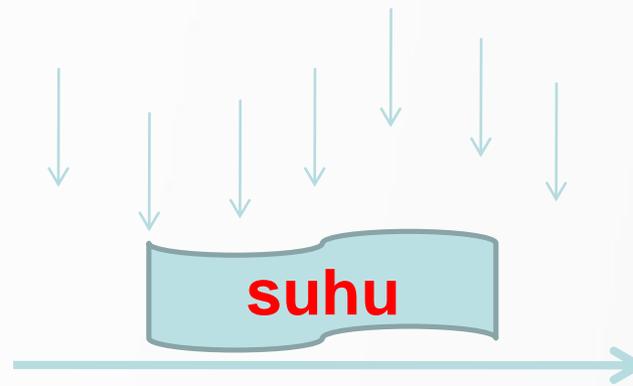
Faktor ekstrinsik penting bagi pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan meliputi kondisi lingkungan tempat pangan disimpan: suhu, kelembaban relatif, lingkungan udara (a.l. oksigen)

Kelembaban relatif $\rightarrow A_w$

Kondisi udara $\rightarrow Eh$

Suhu dan pertumbuhan mikroorganisme

bahan mentah



siap saji

Mikroorganismen dalam pangan dapat dibedakan berdasarkan suhu pertumbuhannya:

- ❑ Termofil (45-75°C)
- ❑ Mesofil (10-45°C)
- ❑ Psikofil (-5-10°C)
- ❑ Psikotrofik (tumbuh di refrigerator 0-5°C, tumbuh cepat pada 10-30°C)
- ❑ Termotoleran: mikroorganismen yang tahan suhu pasteurisasi

Jika pangan terkena suhu di luar kisaran suhu pertumbuhannya:

- mati secara cepat di atas suhu maksimum
- dapat mati secara lambat pada suhu di bawah minimum

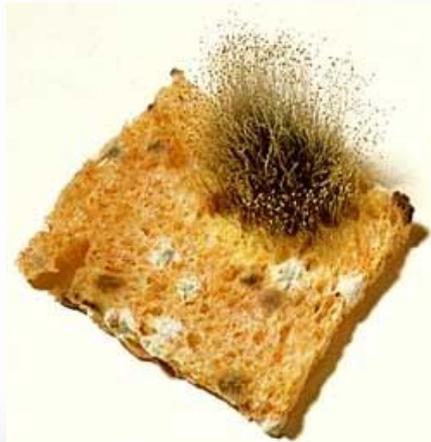


Pertumbuhan dan viabilitas mikroorganisme dalam pangan penting diperhatikan untuk

- mengurangi kerusakan pangan oleh mikroorganisme
- meningkatkan keamanan terhadap patogen
- bioproses
- menghitung dan menumbuhkan mikroorganisme dari pangan

Sporulasi dan perkecambahan mikroorganismen dalam pangan

- Jamur benang, khamir dan sebagian bakteri dapat berkembang biak menggunakan spora
- **Untuk jamur benang dan khamir:**
 - sporulasi lebih banyak berhubungan dengan perkembangbiakan atau perbanyak.
 - spora jamur benang dan khamir sensitif terhadap panas



wiseGEEK

- **Untuk bakteri:**

- Sporulasi berhubungan dengan ketahanan hidup bakteri di lingkungan yang kurang mendukung pertumbuhannya
- Spora bakteri dalam pangan sering kali memberikan masalah karena resistensinya terhadap berbagai perlakuan pemrosesan dan pengawetan pangan

- Spora mudah mengkontaminasi makanan melalui angin dan debu
- Peralihan dari siklus sel vegetatif normal menjadi spora dipicu oleh faktor lingkungan seperti ketersediaan nutrien, perubahan suhu dan pH
- Spora berada dalam keadaan dormansi
- Dormansi dapat berakhir melalui serangkaian reaksi meliputi aktivasi, perkecambahan, pertunasan (awal pertumbuhan), pertumbuhan
- Pada pemrosesan dan pengawetan pangan perlu dirancang agar dapat merusak spora atau menghindari perkecambahan spora

Metabolisme mikroorganisme dalam pangan

- Pertumbuhan mikroorganisme dalam pangan terjadi dengan adanya metabolisme komponen bahan pangan atau nutrisi
- Proses-proses yang terjadi:
 - transport nutrisi dari lingkungan ke dalam sel, setelah pemecahan makromolekul oleh enzim
 - pemecahan nutrisi untuk mendapatkan energi dan sintesis komponen sel
 - mengeluarkan produk akhir yang tidak digunakan, ke lingkungan

- Pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme dalam pangan berkaitan erat dengan:
 - Kerusakan mikrobial bahan pangan sehingga menghilangkan kualitas penerimaan (rasa, bau, tekstur, warna, kenampakan)
 - Produksi toksin
 - Menghasilkan karakteristik khusus pada pangan (tekstur, rasa, bau)



Metabolisme karbohidrat

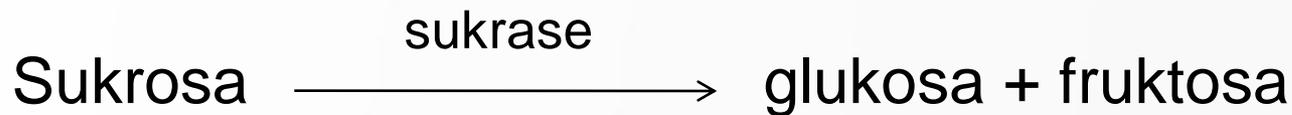
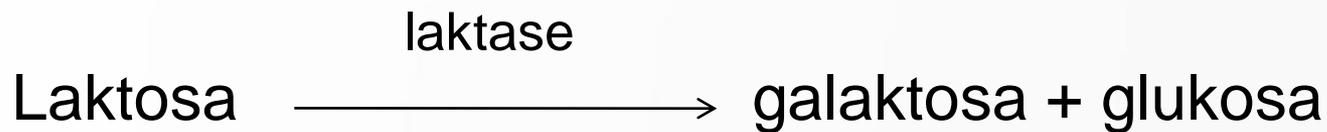
Peruraian polisakarida

- Jamur benang, *Bacillus*, *Clostridium* dan beberapa species bakteri lain menguraikan pati, glikogen, selulosa, pektin dan polisakarida lainnya menggunakan enzim ekstraseluler
- Mono- dan disakarida kemudian dibawa masuk ke dalam sel dan dimetabolisme
- Pemecahan polisakarida terutama pektin dan selulosa di buah dan sayur mempengaruhi tekstur dan mereduksi kualitas penerimaan produk



Peruraian disakarida

- Sebagian mikroorganismen dapat menguraikan disakarida menjadi monosakarida



Katabolisme monosakarida

- Monosakarida dikatabolisir oleh mikroorganisme aerob, anaerob maupun anaerob fakultatif melalui 5 jalur yang menghasilkan piruvat:
 - *Embden Meyerhoff – Parnas (EMP)*
 - *hexose monophosphat shunt*
 - *Entner Doudroff*
 - *pentose phosphoketolase*
 - *hexose phosphoketolase*
- Selanjutnya piruvat dimetabolisir secara fermentasi, respirasi anaerob maupun respirasi aerob

Fermentasi

- Pada fermentasi, penerima elektron adalah senyawa organik dan energi dihasilkan pada tingkat substrat

Respirasi anaerobik

- Contoh: bakteri *Desulfotomaculum nigricans* memetabolisme glukosa, menggunakan sulfat atau S anorganik lain sebagai penerima elektron, direduksi menjadi H₂S

Respirasi aerobik

- Mikroorganisme aerob seperti bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas*, jamur benang, khamir dan bakteri fakultatif anaerob seperti Enterobacteriaceae, *Staphylococcus* spp. menggunakan oksigen sebagai penerima elektron terakhir
- Piruvat yang dihasilkan dioksidasi lebih lanjut menghasilkan CO₂, H₂O dan sejumlah besar ATP

Table 7.1 End Products of Carbohydrate Metabolism by Some Microorganisms

Microbial Type	Fermentation Pattern	Major End Products
Yeasts	Alcohol	Ethanol, CO ₂
Lactic acid bacteria	Homofermentative	Lactate
	Heterofermentative	Lactate, acetate, ethanol, CO ₂ , diacetyl, acetoin
Bifidobacteria	Bifidus (hexose ketolase)	Lactate, acetate
Propionibacteria	Propionic acid	Propionate, acetate, CO ₂
<i>Enterobacteriaceae</i>	Mixed acid	Lactate, acetate, formate, CO ₂ , H ₂ , succinate
<i>Bacillus, Pseudomonas</i>	Butanediol	Lactate, acetate, formate, 2,3-butanediol, CO ₂ , H ₂
<i>Clostridium</i>	Butyric acid	Butyrate, acetate, H ₂ , CO ₂ , butanol, ethanol, acetone, isopropanol

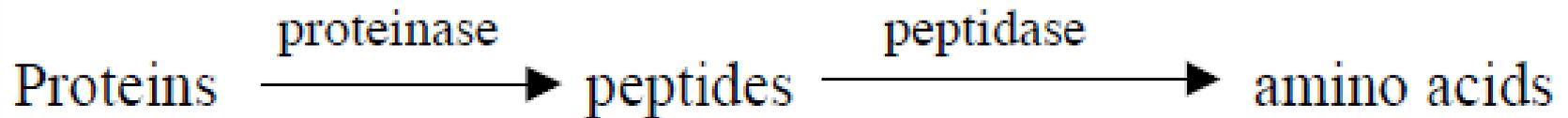
Sintesis polimer

- *Bakteri Leuconostoc mesenteroides* tumbuh di media yang mengandung sukrosa.
 - Sukrosa dihidrolisis menjadi fruktosa dan glukosa
 - Fruktosa digunakan untuk menghasilkan energi
 - Glukosa mengalami polimerisasi menjadi dekstran

- Metabolisme mikroorganisme dalam pangan tidak diinginkan jika menimbulkan kerusakan
- Fermentasi dapat dimanfaatkan untuk bioproses makanan dan bahan-bahan yang digunakan untuk produksi makanan seperti laktat

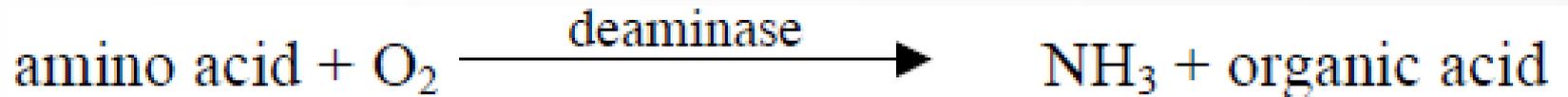
Metabolisme protein

- Protein dan peptida berukuran besar dalam pangan dihidrolisis menjadi asam amino dan peptida kecil oleh enzim ekstraseluler proteinase dan peptidase
- Peptida kecil dibawa masuk ke dalam sel dan diubah menjadi asam amino sebelum dimetabolisir lebih lanjut



Respirasi aerobik

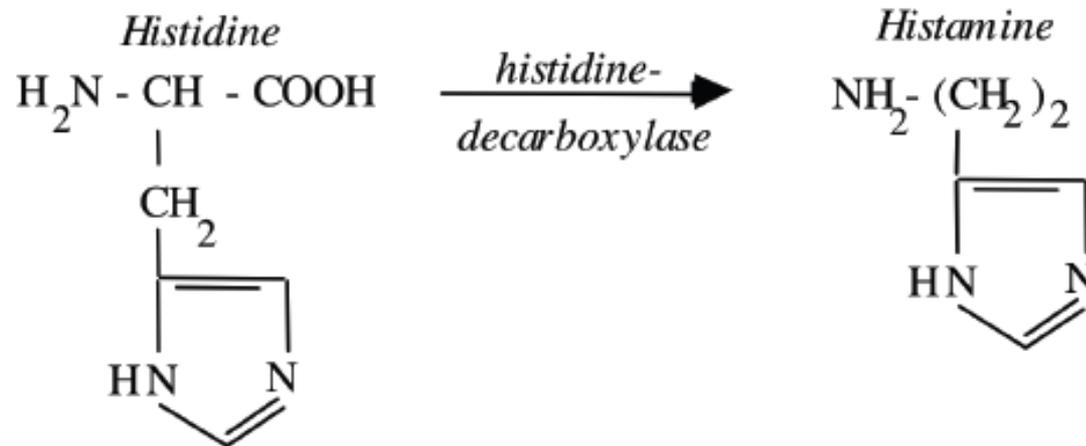
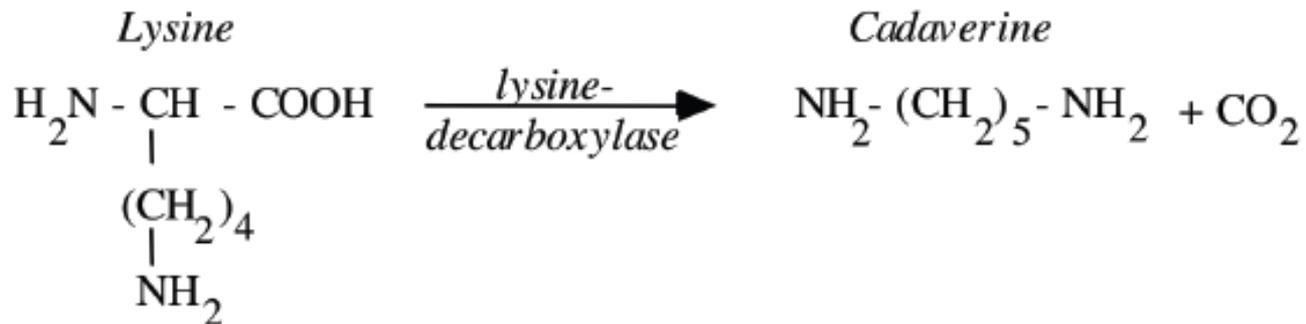
- reaksi yang sering dan paling mudah terjadi: deaminasi oksidatif



- sering terjadi pada daging dan ikan yang disimpan di refrigerator
- banyak bakteri aerob dan fakultatif anaerob dapat mengoksidasi asam amino dan menggunakannya sebagai sumber karbon, nitrogen dan energi

Fermentasi/putrefaksi (*putrefaction*)

- Gabungan reaksi-reaksi anaerobik terhadap asam amino yang menghasilkan campuran amin (cadaverine, putrescine, histamin), asam-asam organik dan senyawa mengandung sulfur seperti merkaptan dan H_2S
- menghasilkan bau busuk
- biasa terjadi pada daging atau bahan pangan lain yang mengandung protein pada suhu $> 15^{\circ}C$



Reaksi Stickland

Metabolisme asam amino dapat terjadi secara berpasangan dengan reaksi redoks, satu asam amino mengalami oksidasi dan asam amino yang lain mengalami reduksi

Reduksi trimetilamin

- Pangan berupa hewan laut mengandung trimetilamin oksida dengan konsentrasi tinggi
- *Pseudomonas* dan *Shewanella* dapat menggunakan trimetilamin oksida sebagai penerima elektron pada respirasi anaerobik, menghasilkan trimetilamin yang memberikan bau khas ikan

Pemanfaatan

Produk peruraian protein dapat memberikan rasa khas sehingga dapat dimanfaatkan pada pembuatan makanan:

Contoh:

Perombakan treonin menjadi asetaldehid oleh *Lactobacillus acidophilus* digunakan untuk menghasilkan rasa yang diinginkan pada yogurt

Hasil peruraian asam amino oleh mikroorganisme sangat bervariasi, ditentukan oleh: tipe mikroorganisme, jenis asam amino dan potensial redoks bahan pangan

Sintesis protein

- Sintesis (anabolisme) beberapa protein oleh *foodborne pathogen* berupa toksin
 - toksin termostabil yang dihasilkan oleh *Staphylococcus aureus*
 - toksin termolabil yang dihasilkan oleh *Clostridium botulinum*
 - toksin Shiga yang dihasilkan oleh *Shigella dysenteriae*

Metabolisme lipid

- Lipid utama dalam pangan adalah:
 - mono-, di- dan trigliserida (paling dominan)
 - asam lemak jenuh dan tidak jenuh
 - fosfolipid
 - sterol
 - *waxes*
- Preferensi mikroorganisme memetabolisme lipid rendah
→ lipid bersifat hidrofobik
- Gliserida dihidrolisis oleh lipase menghasilkan asam lemak dan gliserol → asam lemak dibawa masuk ke dalam sel → jika kandungan lipid tinggi asam lemak hasil hidrolisis terakumulasi di pangan → oksidasi oleh lipid oksidase