



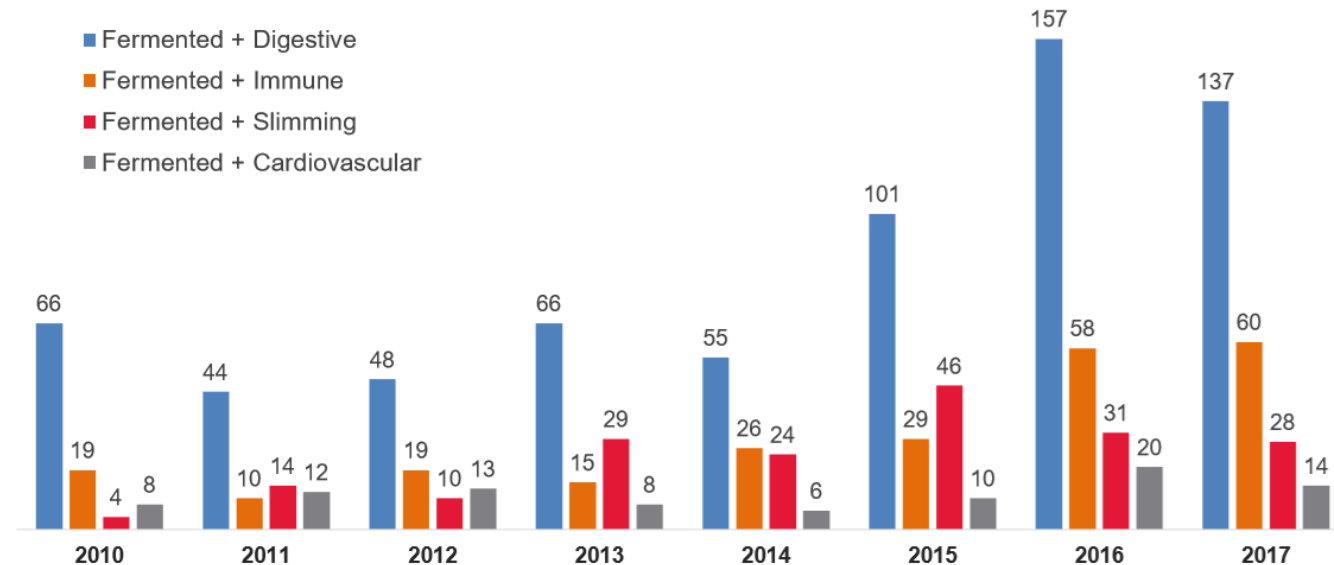
Dasar Teknologi Fermentasi

Reza Fadhillah, S. TP, M. Si

Deskripsi

- Fermentasi: Perombakan senyawa kompleks → sederhana dengan bantuan enzim (amilase, protease, lipase) yang dihasilkan mikroba
- Tujuan: pengawetan pangan, meningkatkan daya cerna, aroma-cita rasa khas
- Mikroba fermentasi: bakteri asam laktat (BAL), kapang, kamir
- Karakteristik BAL: fermentasi gula → asam laktat sebagai senyawa utama. Jika memecah protein tidak membentuk senyawa busuk
- BAL berpotensi sebagai probiotik, tapi tidak semua BAL adalah probiotik
- Produk olahan: pembuatan keju, yoghurt, sosis, wine, adonan roti, pikel

Based on consumers' positive perception, fermentation is expanding with different health claims



Tipe Fermentasi

Fermentasi spontan

- Proses fermentasi berlangsung spontan, tidak ada penambahan mikroba dalam bentuk starter/ragi, hanya dikondisikan sesuai lingkungan tumbuh (Dadih)

Fermentasi tidak spontan

- Fermentasi dilakukan dengan penambahan kultur mikroba tertentu dalam bentuk starter/ragi menjadi produk yang diinginkan (Tempe)

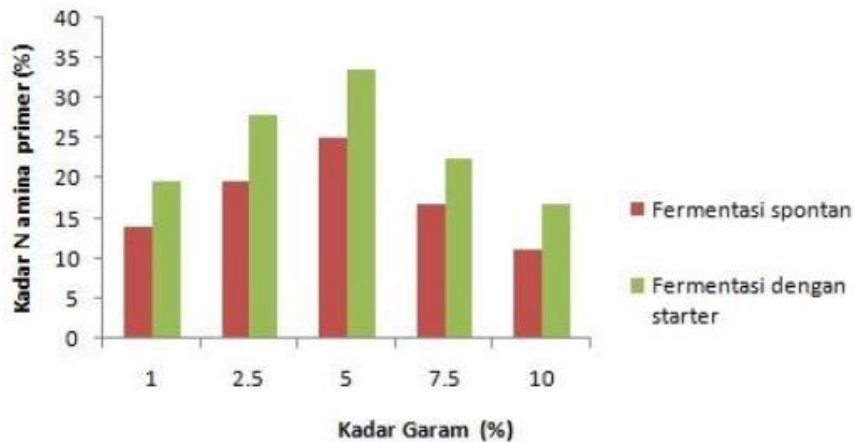


Diagram Kadar N Amina Primer pada Bekasam yang Difermentasi Secara Spontan dan Bekasam yang Difermentasi dengan Penambahan Kultur Starter dengan Berbagai Konsentrasi Garam

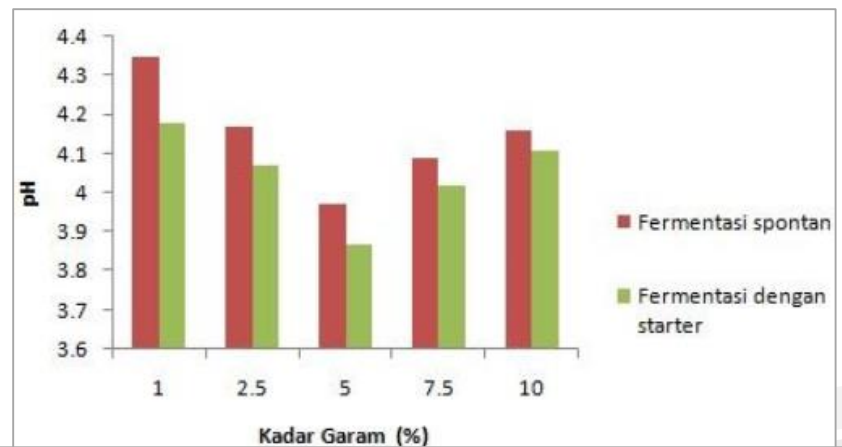
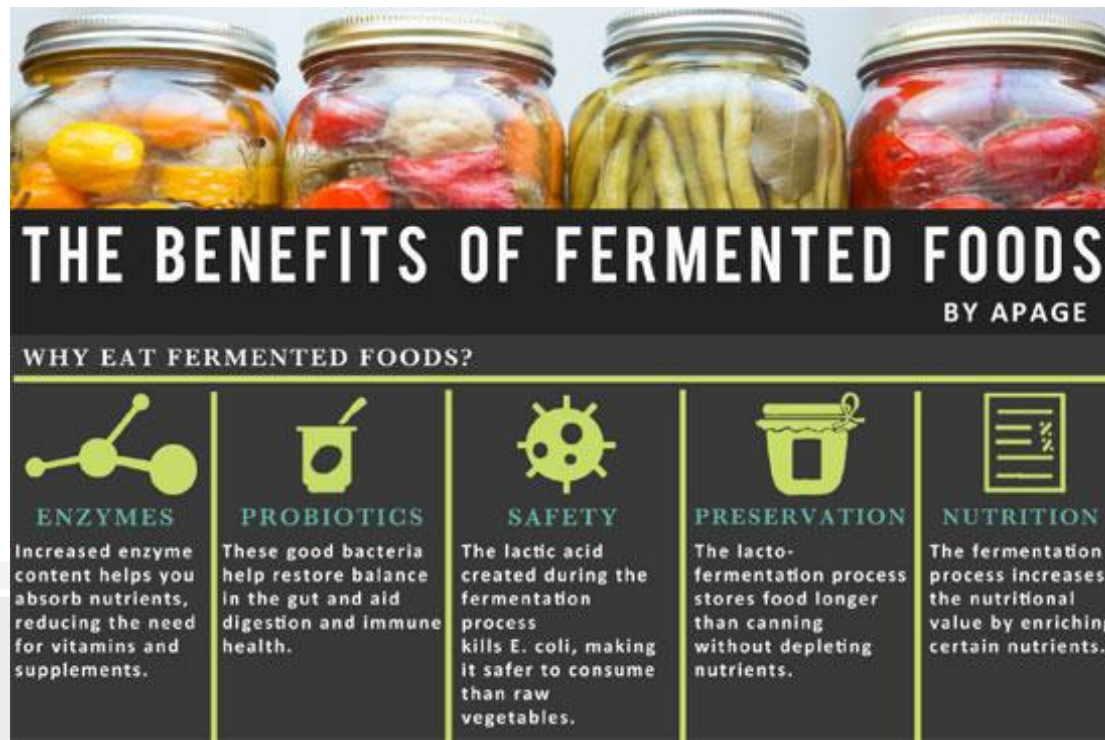


Diagram Nilai pH pada Bekasam yang Difermentasi Secara Spontan dan Bekasam yang Difermentasi dengan Penambahan Kultur Starter dengan Berbagai Konsentrasi Garam

Keuntungan Proses Fermentasi

- Meningkatkan daya simpan: metabolit dihasilkan BAL (asam laktat, asetat, propionat, etanol). Susu non-fermentasi → 8 jam, Susu fermentasi → 3 hari
- Meningkatkan daya cerna: pemecahan senyawa kompleks → senyawa sederhana
- Meningkatkan kandungan gizi: kedelai → tempe (pembentukan vit B12)
- Meningkatkan flavor dan rasa: bau langu kedelai hilang ketika menjadi tempe, bau susu hilang saat menjadi yoghurt dan keju
- Menurunkan senyawa toksik dan antinutrisi (fitat pada kedelai)
- Mengandung bakteri baik: probiotik



Probiotik

- Probiotik: mikroba hidup yang mampu mencapai saluran pencernaan dalam jumlah tertentu dan memberi manfaat terhadap kesehatan.
- Jenis probiotik:
 - ✓ Genus *Lactobacillus*: *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*, *L. gasseri*, *L. johnsonii*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*.
 - ✓ Genus *Pediococcus*: *P. Acidilactici*
 - ✓ Genus *Bifidobacterium*: *B. bifidum*, *B. breve*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *B. infantis*, *B. lactis*, *B. Animalis*
 - ✓ Genus *Lactococcus*: *L. lactis*
 - ✓ Genus *Enterococcus*: *E. faecium*, *E. Faecalis*
 - ✓ Genus *Saccharomyces*: *S. boulardii* (fermentasi kefir)



Syarat Probiotik

- Stabil terhadap asam lambung, asam empedu, hidup di usus halus, usus besar
- Memproduksi senyawa antimikroba (asam laktat, H₂O₂, bakteriosin)
- Mampu menempel dan berkoloni di sel usus
- Kompetitor terhadap mikroba patogen dan agen penyebab karsinogen
- Aman terhadap manusia, dilakukan pengujian **in vivo**

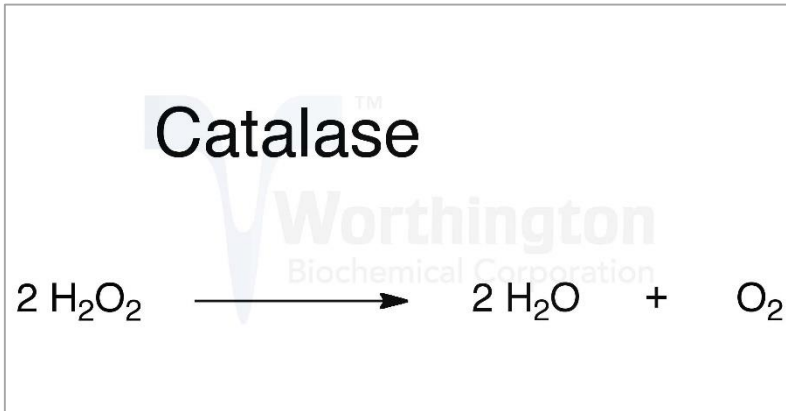
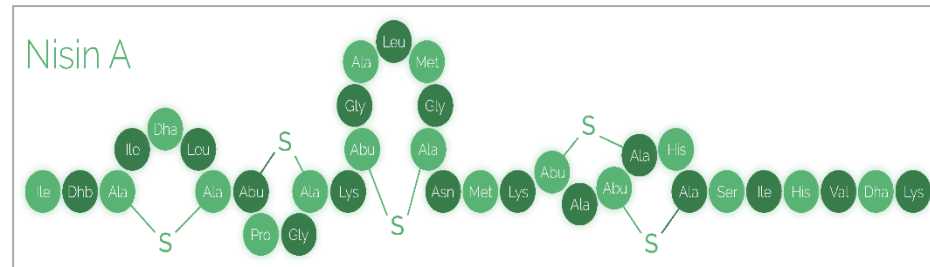
						
Brand	Align	Culturelle	Danone Activia	Yakult	sho BALANCE	Others
# of Probiotics Strains	1, Bifidobacterium 35624™	1, Lactobacillus GG (LGG®)	1, Bifidobacterium lactis DN	1, Lactobacillus Casei Shirota	1, Lactobacillus Casei K-1	5 or 10+
Billion CFU (per serving)	1	10-20	<10	6.5	100	5/10/20~
Research	The strain has been extensively researched by P&G ⁱ .	The strain has been extensively researched by DSM ⁱⁱ .	The strain has been extensively researched by Danone ⁱⁱⁱ .	The strain has been extensively researched by Yakult ^{iv} .	The strain has been extensively researched by Kameda Seika ^v and formulated by sho Nutrition	No extensive research on multi-strain combo effects
Refrigeration Required?	No	No (contains synthetic binders)	Yes	Yes	No	Varies
Dairy-free?	Yes	Yes	No	No	Yes	Varies
Artificial Additives	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Varies

Probiotik Di Produk Fermentasi

Bakteri	Produk
<i>Lactobacillus</i> (Homofermentatif) <i>L. delbruekii ssp. bulgaricus</i> <i>L. delbruekii ssp. lactis</i> <i>L. delbruekii ssp. delbruekii</i> <i>L. acidophilus</i>	Yogurt, keju Swiss dan Italia, mentega Susu <i>acidophilus</i> , minuman yogurt, kefir
<i>Lactobacillus</i> (heterofermentatif) <i>L. casei ssp. casei</i> <i>L. casei ssp. pseudopantarum</i> <i>L. casei ssp. rhamnosus</i> <i>L. plantarum, L. brevis,</i>	Yakult, minuman yogurt, miru-miru, kefir Kefir
<i>Streptococcus</i> (<i>Lactococcus</i>) <i>S. Lactis</i> <i>S. thermophilus</i>	Susu fermentasi Skandinavia, mentega Kefir, Yogurt, krim fermentasi
<i>Leuconostoc</i> <i>Leu. mesenteroides</i> <i>Leu. Mesenteroides dextranicum</i> <i>Leu. mesenteroides cremoris</i>	Kefir Kefir Keju cottage dan krim, mentega fermentasi

Metabolit BAL

- Metabolit primer: dihasilkan mikroba yang digunakan untuk pertumbuhannya (biomassa dan nutrisi)
- Metabolit sekunder: metabolit yang tidak digunakan dalam metabolisme pertumbuhan (pigmen, antibiotik, toksin)
- Contoh: asam organik, hidrogen peroksida (H_2O_2), diasetil, karbondioksida (CO_2), bakteriosin

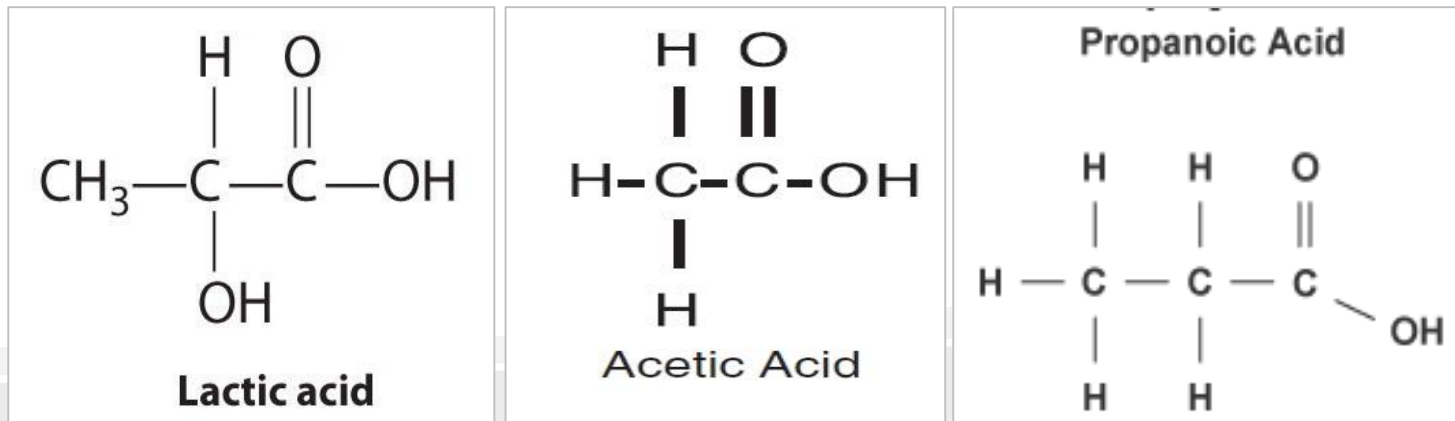


Pengujian metabolit



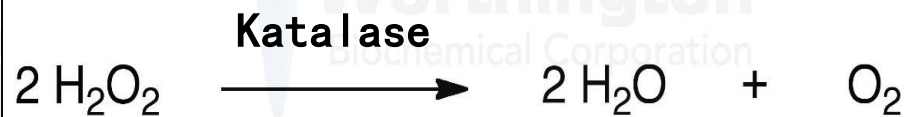
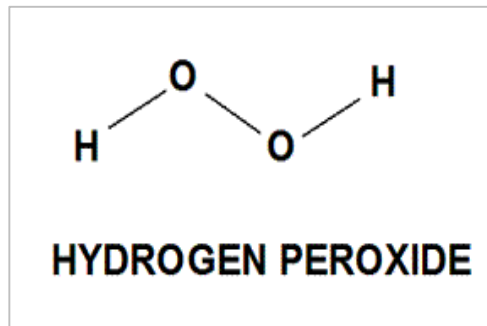
Asam Organik

- Fermentasi gula (heksosa) oleh:
 - ✓ BAL homofermentatif: *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, sebagian *Lactobacillus* → asam laktat
 - ✓ BAL heterofermentatif *Leuconostoc*, sebagian *Lactobacillus* → asam laktat, propionat, asetat, etanol, CO₂
- Asam laktat, asam asetat, asam propionat termasuk asam lemah → miliki daya antimikroba kuat pada pH ↓ dibanding pH netral
- Mekanisme → dalam bentuk tidak terdisosiasi asam organik masuk ke dalam membran sel mikroba, menghasilkan ion hidrogen (pH mikroba turun)
- Asam asetat & propionat (menghambat khamir & kapang), asam laktat (patogen)



Hydrogen Peroksida (H₂O₂)

- BAL dapat menghasilkan H₂O₂: jika ada oksigen melalui jalur oksidasi NADH, oksidasi flavoprotein, dan superoksida dismutase.
- H₂O₂ akan terakumulasi dalam medium dikarenakan BAL tidak menghasilkan enzim katalase
- Efek antimikroba H₂O₂:
 - ✓ Oksidator kuat terhadap sel bakteri, protein, dan lipid membran
 - ✓ Menghasilkan reaksi penangkapan O₂ (oxygen scavenger) sehingga menciptakan kondisi anaerobik



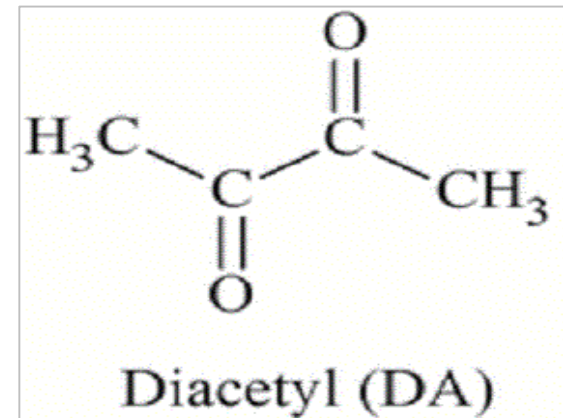
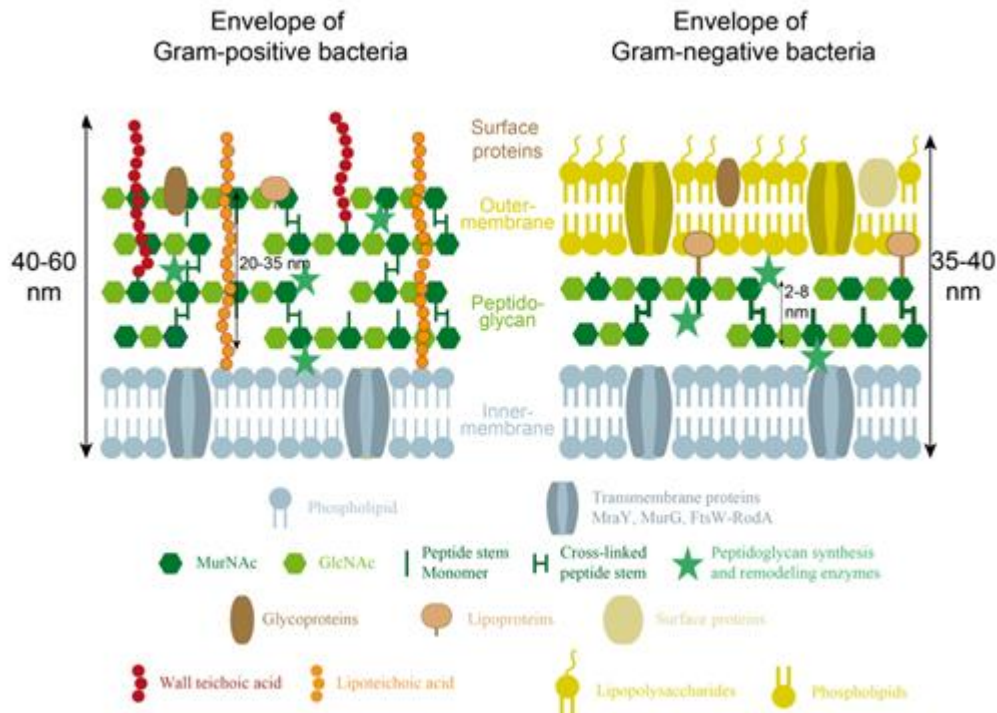
Catalase Positive



Catalase Negative

Diasetil

- Diasetil dihasilkan: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, dikenal sebagai komponen aroma dan flavor pada mentega
- Diasetil akan diproduksi berlebih jika terjadi dalam metabolisme sitrat, sitrat diubah menjadi diasetil melalui jalur piruvat
- Daya antimikroba diasetil efektif pada $\text{pH} < 7$, terhadap bakteri Gram negatif, khamir, kapang dibanding bakteri gram positif.



Karbondioksida

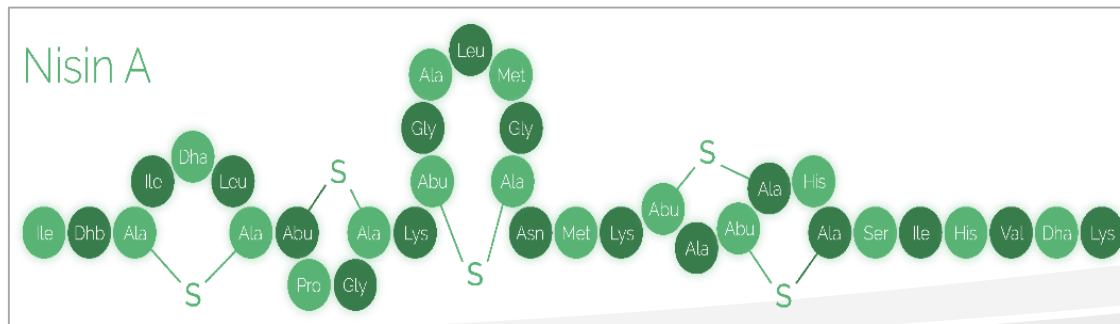
- Pembentukan CO_2 menghasilkan lingkungan anaerobik
- Aktivitas antimikroba CO_2 :
 - ✓ Menghambat kerja enzim internal
 - ✓ Akumulasi CO_2 pada lipid sel menyebabkan tidak berfungsinya permeabilitas membran
 - ✓ Pada konsentrasi tinggi CO_2 menghambat pertumbuhan bakteri aerofilik
- Bahan utama pada Kemasan Modifikasi Atmosfer (Modified Atmosphere Packages)

Kemasan Modifikasi Atmosfer



Bakteriosin

- Bakteriosin: protein bersifat antibakteri disintesis di dalam ribosom BAL
- Bakteriosin stabil, tahan asam, basa, suhu rendah, dan tinggi. non-toksik, aman bagi mikroflora usus, mudah terdegradasi enzim proteolitik
- Pengawet alami (biopreservatif) pangan mengganti pengawet kimia
- Penggunaan pada produk pangan tidak mengubah cita rasa
- Spektrum luas terhadap berbagai mikroba. Target bakteriosin:
 - ✓ Mengubah permeabilitas membran sehingga mengganggu transport membran
 - ✓ Menghambat produksi energi dan biosintesis protein
- Contoh: Nisin (*L. Lactis*), Pediocin (*P. acidilactici*), Enterococin (*E. faecalis*)



Classification/features	Bacteriocins	Molecular weight (Da)	Producing strain	References	
CLASS I					
The bacteriocins are post-translationally modified, linear or globular peptides containing lanthionine, β -methyl lanthionine and dehydrated amino acids	Nisin A	3352	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>	Field et al., 2012	
	Nisin U	3029	<i>Streptococcus uberis</i>	Wirawan et al., 2006	
	Nisin Z	3493	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>	Mulders et al., 1991	
	Mersacidin	1824	<i>Bacillus sp. Y85,54728</i>	Chatterjee et al., 1992	
	Labyrinthopeptin A2	1922	<i>Actinomadura sp.</i>	Meindl et al., 2010	
	subtilisin A	3399	<i>Bacillus subtilis</i> 168	Babasaki et al., 1985	
CLASS II					
Heat stable, unmodified, non-lanthionine-containing bacteriocins, heterogeneous class of small peptides	Class IIa (pediocin PA-1like bacteriocins)	pediocin PA-1	4629	<i>Pediococcus acidilactici</i> PAC-1.0	Henderson et al., 1992
		carnobacteriocin X	3602	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i> C2	Tulini et al., 2014
	Class IIb (composed of two peptides)	lactacin F	4755	<i>Lactobacillus spp.</i>	Fremaux et al., 1993
		ABP-118	4096	<i>Lactobacillus salivarius subsp. salivarius</i> UCC118	Flynn et al., 2002
	Class IIc (circular peptide)	carnocyclin A	5862	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i> UAL307	Martin-Visscher et al., 2008
		enterocin AS-48	7149	<i>Enterococcus faecalis</i>	Samyn et al., 1994
	Class II d (linear, non-pediocin like, single-peptide)	epidermicin NI01	6074	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Sandiford and Upton, 2012
		lactococcin A	5778	<i>Lactococcus lactis subsp. Cremoris</i>	Holo et al., 1991
	CLASS III				
	Large, heat unstable proteins	Caseicin 80	~42000	<i>Lactobacillus casei</i> B80	Muller and Radler, 1993
Enterolisin A		34501	<i>Enterococcus faecalis</i> LMG 2333	Nilsen et al., 2003	
Helveticin J		37511	<i>Lactobacillus helveticus</i> 481	Joerger and Klaenhammer, 1990	

Kelompok Mikroba Fermentasi

(Bakteri Asam Laktat, Asam Propionat, Asam Asetat, Kapang, Kamir)

Bakteri Asam Laktat

- Menghasilkan senyawa utama asam laktat sebagai hasil akhir dari metabolisme gula (karbohidrat)
- Asam laktat dapat menurunkan pH internal sel patogen dan medium (asam)
- Tipe BAL:
 - ✓ BAL Homofermentatif: Fermentasi glukosa → asam laktat (pengawet)
 - ✓ BAL Heterofermentatif: Fermentasi glukosa → asam laktat, etanol, asam asetat, CO₂, pembentukan flavor-aroma (asetaldehid & diasetil).
- Kedua tipe BAL tetap memiliki kemampuan menghasilkan asam organik, hidrogen peroksida/H₂O₂ dan bakteriosin, tapi dengan konsentrasi berbeda

Bentuk Bakteri Asam Laktat

- a. Streptococcus (*S. thermophilus*, *S. lactis*, *S. cremoris*)

Gram positif, berbentuk bulat (coccus), struktur rantai, berperan penting dalam industri susu

- b. Pediococcus (*P. cerevisiae*)

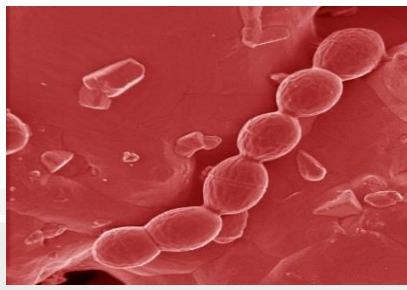
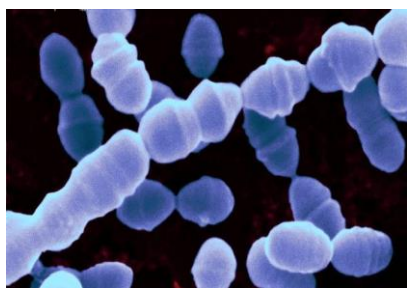
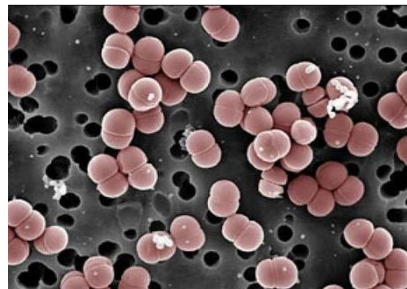
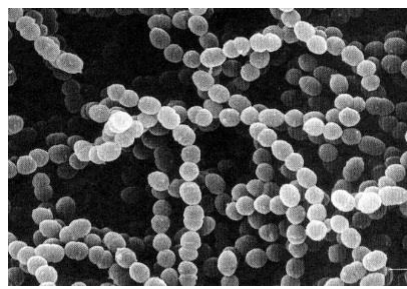
Gram positif, berbentuk bulat berpasangan atau berempat (tetrads). berperan penting dalam fermentasi daging dan sayuran.

- c. Leuconostoc (*L. mesenteroides*, *L. dextranicum*)

Gram positif, berbentuk bulat berpasangan/rantai pendek. Berperanan dalam fermentasi sayuran (pikel, sauerkraut), sari buah, anggur

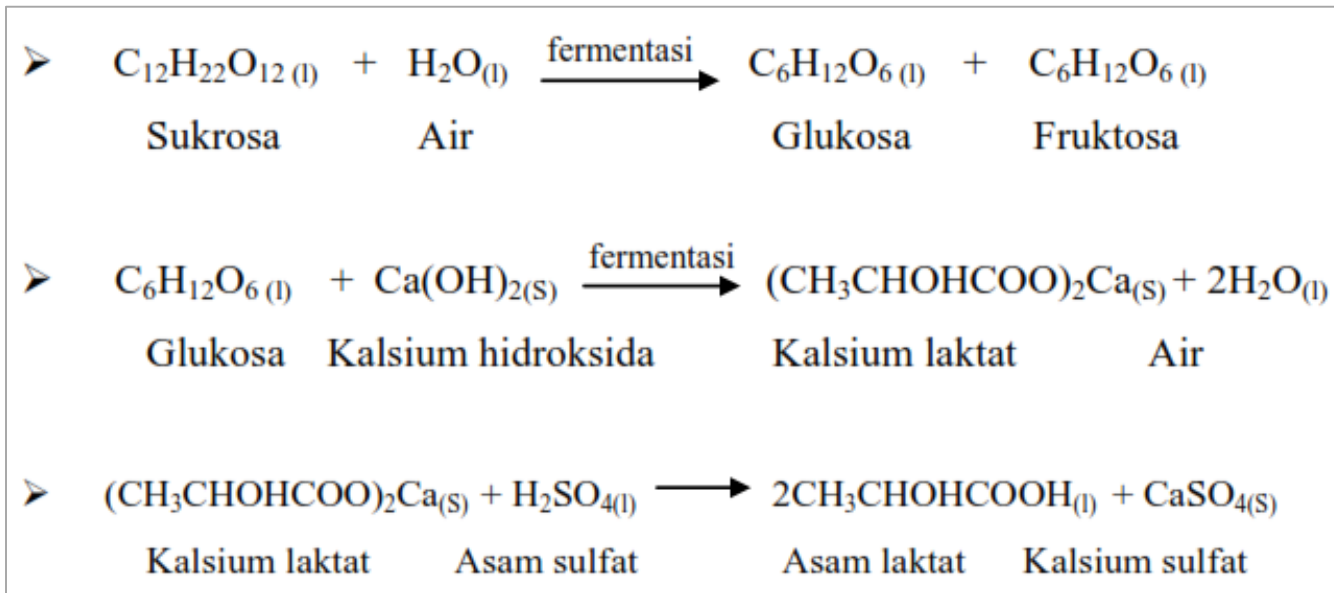
- d. Lactobacillus (*L. lactis*, *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. plantarum*, *L. delbrueckii*)

Gram positif, berbentuk batang berpasangan/berkoloni membentuk rantai, tahan asam dari jenis lainnya. Berperan dalam fermentasi susu dan sayuran.



Fermentasi Asam Laktat

- Asam laktat dapat diproduksi dengan memfermentasikan berbagai karbohidrat seperti sukrosa, glukosa, laktosa.
- Proses pembuatan asam laktat dengan fermentasi melalui reaksi:



- BAL homofermentatif → hanya asam laktat
- BAL heterofermentatif → asam laktat, asam asetat, etanol, asam format, dan karbondioksida

Homofermenter	Heterofermenter
<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Lactobacillus buchneri</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Lactobacillus cellobiosus</i>
<i>Lactobacillus lactis</i>	<i>Lactobacillus confusus</i>
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	<i>Lactobacillus coprophilus</i>
<i>Lactobacillus leichmannii</i>	<i>Lactobacillus fermentatum</i>
<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Lactobacillus sanfrancisco</i>

Kemampuan bakteri *Lactobacillus* sp. mengolah bahan mentah

Bahan baku	Bakteri	γ (asam laktat)	Produktivitas
		g/L	g/(jamL)
Molasses	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> NCIMB 8130	90	3,8
Gandum hitam	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	84,5	2,4
Sweet sorghum	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	81,5	2,7
	<i>Lactobacillus paracasei</i> No. 8	106	3,5
Gandum	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> ATCC 19435	106	1
Jagung	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	10,1	0,8
Umbi kayu	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4,8	0,2
Kentang	<i>Lactobacillus amylovorus</i> ATCC 33620	4,2	0,1
Beras	<i>Lactobacillus</i> sp. RKY2	129	2,9
Barley	<i>Lactobacillus casei</i> NRRL B-441	162	3,4
	<i>Lactobacillus amylophilus</i> GV6	27,3	0,3
Selulosa	<i>Lactobacillus coryniformis</i> ssp. <i>torquens</i> ATCC 25600	24	0,5
Kertas daur ulang	<i>Lactobacillus coryniformis</i> ssp. <i>torquens</i> ATCC 25600	23,1	0,5
Kayu	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> NRRL B-445	108	0,9
Whey	<i>Lactobacillus helveticus</i> R211	66	1,4
	<i>Lactobacillus casei</i> NRRL B-441	46	4

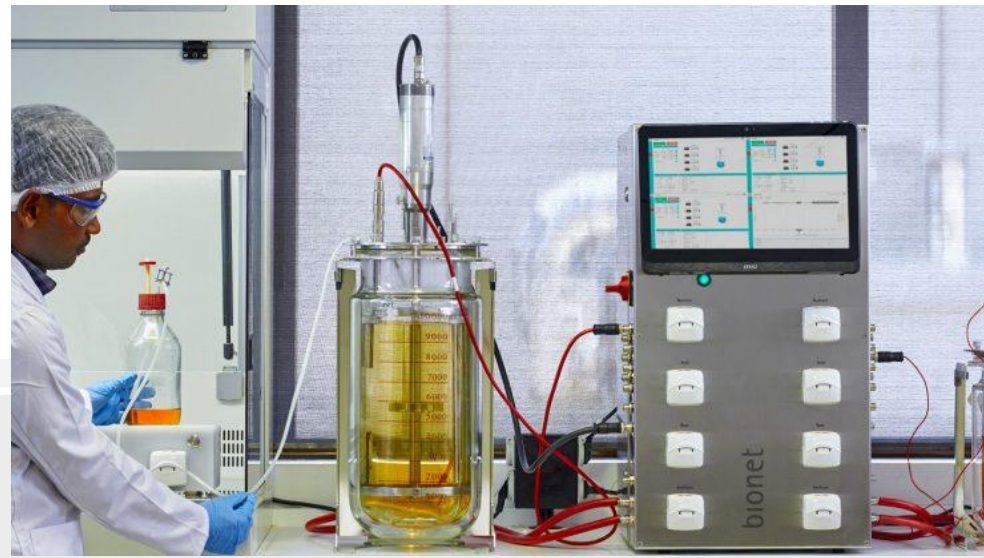
Pemisahan & Pemurnian Asam Laktat

Pemisahan biomassa, sisa nutrisi dan kotoran lain

- Bakteri dipisahkan secara flokulasi dengan alkali/ultrafiltrasi
- Produk yang terbentuk dipisahkan dari material pengotor
- Larutan produk dipisahkan dengan filtrasi dari sisa kotoran/biomassa/partikel tersuspensi
- Larutan asam laktat dan endapan CaSO_4 dalam fermentor dialirkan ke filter. Larutan asam laktat masuk ke vaporeizer, sedangkan endapan CaSO dikeluarkan ke bagian bawah tangki

Pemurnian

- Pemilihan suhu operasi vaporeizer berdasarkan suhu didih, sehingga didapatkan komposisi akhir asam laktat 90%



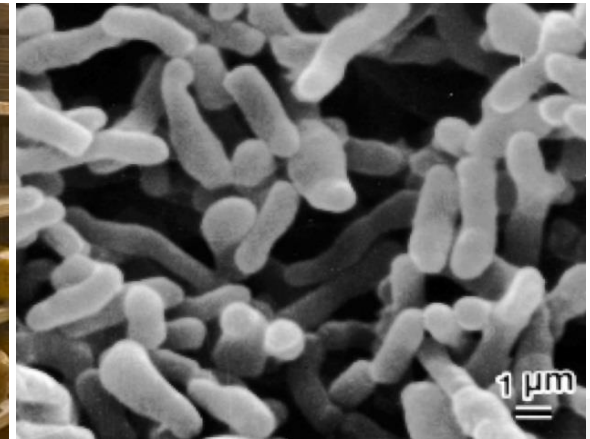
Bakteri Asam Propionat

- Jenis yang termasuk kelompok ini: golongan *Propionibacterium*. Contoh: *Propionibacterium freudenreichii*, *Propionibacterium acidipropionici*
- Gram positif, berbentuk batang, anaerob
- Metabolit: asam propionat (utama), asam laktat, asetat, dan CO_2 (sedikit)
- Berperan penting dalam proses fermentasi keju dan pematangan keju

Pematangan keju



Propionibacterium



Bakteri Asam Asetat

- Gram negatif, berbentuk batang, aerofilik (tidak seperti jenis sebelumnya). Ditemukan dalam golongan *Acetobacter* (*Acetobacter aceti*).
- *Acetobacter aceti* berperan penting dalam oksidasi alkohol dan karbohidrat menjadi asam asetat (industri cuka)
- Fungsi lain: pengatur keasaman, pengawet

Acetobacter aceti



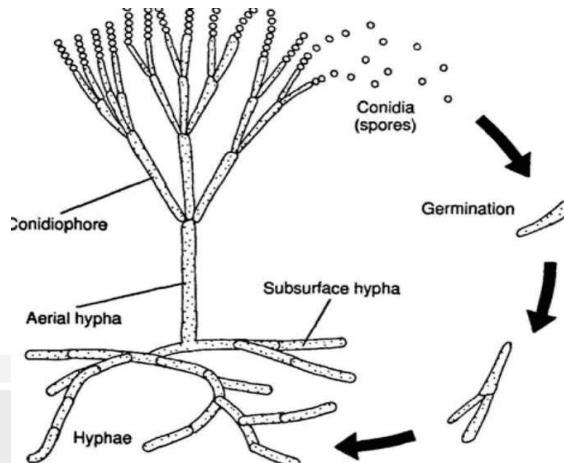
Fermentasi Asam Asetat

- Proses pembuatan asam asetat/cuka/vinegar fermentasi,
 - ✓ Tahap fermentasi alkohol: gula → etanol, oleh *S. cerevisiae* (anaerobik)
 - ✓ Tahap fermentasi asetat: etanol → asam asetat, *A. aceti* (aerob)
- Fermentasi asam asetat butuh substrat etanol 10–13% (dari fermentasi etanol), bila etanol terlalu ↑, pembentukan asam asetat terganggu
- Fermentasi asam asetat selama 5 minggu
- Produksi ditingkatkan dengan pemberian aerasi dan agitasi, pengaturan suhu fermentasi optimum
- Produksi sangat bergantung pada tingkat kesuburan pertumbuhan sel bakteri, dan menurun seiring peningkatan kadar etanol substrat
- Cuka yang baik minimal harus mengandung 4% asam asetat

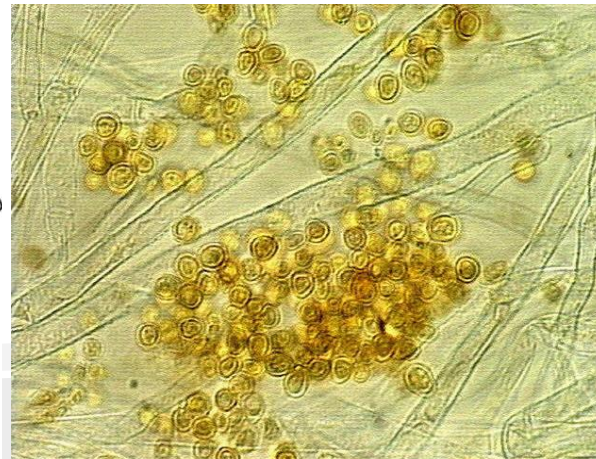
Kapang (Mold)

- Kapang: organisme eukariotik, tumbuh dengan perpanjangan hifa (\varnothing 2 - 10 μm)
- Panjang hifa dipengaruhi kondisi tumbuh, Jika tumbuh di permukaan maka hifa berukuran panjang, jika tumbuh di bawah permukaan hifa akan terputus-putus
- Jenis-jenis kapang fermentasi: *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*.
- Berperan dalam fermentasi keju (*Penicillium candidum*), kecap (*Aspergillus wentii*), dan tempe (*Rhizopus oryzae*)

Hifa kapang



Mold on agar plate



Kamir (Yeast)

- Khamir: sel eukariotik, dalam beberapa hal berbeda dengan bakteri & kapang
- Khamir tidak membentuk spora seperti kapang (aseksual)
- Selama pertumbuhan, sel vegetatif khamir berbentuk sel tunggal
- Khamir tumbuh dengan membentuk tunas (budding), membelah (fission), atau campuran pertunasan dan pembelahan (bud-fission)
- Jenis *Saccharomyces cerevisiae* berperan dalam fermentasi alkohol (etanol), bir, wine, roti (fermentasi adonan roti)

Saccharomyces cerevisiae



Produk Komersial Fermentasi: Nata De Coco

- Nata de coco: produk hasil fermentasi bakteri *Acetobacter xylinum*.
- Berbentuk padat, kokoh, putih, transparan, kenyal (mirip kolang-kaling)
- Bahan baku utama: air kelapa dan gula sebagai substrat
- Nilai gizi rendah/rendah energi (diet), kandungan air (98%), serat (dietary fiber) tinggi
- Tahap fermentasi:
 - ✓ Tempatkan air kelapa masak dalam wadah steril, atur pH 4–5 dengan cuka
 - ✓ Tambahkan starter, inkubasi selama 2 minggu, suhu 30°C
 - ✓ Air kelapa akan menggumpal membentuk nata de coco



Nata de coco

Yogurt & Yakult

- Yogurt: produk fermentasi susu, dibuat dengan menambahkan starter
- Starter yogurt: *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*, bersimbiosis merombak laktosa menjadi asam laktat
- Yogurt: sumber protein, fosfor, kalsium, magnesium, dan kalori (minus vitamin C dan zat besi)
- Yakult: minuman asam mirip yogurt, dibuat dari fermentasi skimmed milk dan gula dengan bantuan bakteri *Lactobacillus casei*.
- Vitacharm: *Acidophillus digestiva*, *Bifido divensia*, dan *Casei imunita*

Yogurt



Yakult



Vitacharm



Kefir

- Kefir: hasil produk olahan susu dihasilkan dari fermentasi susu yang telah dipasteurisasi, lalu ditambah starter biji kefir (kefir grains)
- Biji kefir: BAL (*L. kefiri*, *L. lactis*, *L. bulgaricus*), Kamir (*Kluyveromyces marxianus*, *Saccharomyces cerevisiae*)
- Biji kefir berbentuk mirip sekumpulan kembang kol kecil, panjang 1–3 cm, berbentuk bulat (lobus) tidak beraturan, warna putih/kekuningan, bertekstur berlendir dan kenyal
- Produksi asam dikontrol bakteri, sedangkan alkohol dihasilkan khamir

Kefir grains



Tempe

- Tempe: produk fermentasi kedelai tradisional Indonesia
- Ragi tempe: *Rhizopus oligosporus*, *R. oryzae*, *R. stolonifer*, *R. arrhizus*.
- Fermentasi tempe berlangsung aerob, karena kapang bersifat aerob obligat. Oksigen mutlak dibutuhkan untuk pertumbuhan miselium kapang.
- Kelebihan tempe:
 - ✓ Selama fermentasi banyak dihasilkan komponen larut air, mudah dicerna (asam amino, peptida), fosfor, dan vitamin B12 dari *Klasiella pneumoniae*
 - ✓ Lemak kedelai dipecah menjadi gliserol dan asam lemak linolenat
 - ✓ Tempe tahan oksidasi/ketengikan, mengandung antioksidan isoflavon
 - ✓ Menurunkan karbohidrat penyebab flatulensi (stakiosa dan rafinosa)



Tempe Bongkrek



- Tempe bongkrek: dibuat fermentasi ampas kelapa, berpotensi terkontaminasi *Pseudomonas cocovenenans* (memproduksi toksin tahan panas penyebab keracunan)
- 2 jenis toksin: asam bongkrek dan toksoflavin
- Asam bongkrek: tidak berwarna, asam bongkrek tahan panas (180°C), memobilisasi glikogen dalam liver, menyebabkan hiperglikemik dan hipoglikemik, menghambat pembentukan ATP, berpotensi kematian
- Toksoflavin: berwarna kuning, menghasilkan hidrogen peroksida (toksik)



Tempe bongkrek



Kecap

- Kecap: cairan kental diperoleh dari fermentasi kedelai hitam
- 2 tahap pengolahan kecap: fermentasi kapang dan fermentasi garam.
- Prinsip: pemecahan senyawa makromolekul kedelai (protein, karbohidrat dan lemak) menjadi senyawa sederhana (peptida, asam amino, asam lemak).
- Selama fermentasi:
 - ✓ Kedelai dirombak oleh *A. oryzae*, *A. flavus*, *A. niger*, *R. Oligosporus*
 - ✓ Garam difermentasi kamir (*Zygosaccharomyces*, *Hansenula*), *Lactobacillus*.



Dadih

- Dadih: Produk olahan fermentasi susu kerbau asal Sumatera Barat, menggunakan media bambu, ditutup dengan daun pisang
- Sifat fisik: berwarna putih, konsistensi menyerupai yogurt, aroma khas
- Fermentasi dadih terjadi secara alami, suhu ruang, inkubasi 48 jam
- Sampai kini belum ada standarisasi produksi dadih, sehingga setiap prosesnya menghasilkan kualitas mutu berbeda-beda
- Hasil isolasi BAL dadih: 36 strain genus *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lactococcus*.



Tempoyak

- Tempoyak: Produk fermentasi daging buah durian menghasilkan pasta berwarna putih kekuningan, memiliki aroma khas dan tajam.
- BAL Tempoyak: *P. acidilactici*, *L. plantarum*, *L. curvatus*, *Leu. mesentroides*
- Selama fermentasi gula, alkohol durian mengalami penurunan sehingga rasa manisnya turun
- Cita rasa khas tempoyak terbentuk karena keseimbangan antara komponen gula dari buah, asam laktat, garam, dan senyawa organik rantai pendek volatil (asetaldehid, asetoin, diasetil, butandienol)
- Tempoyak dikonsumsi sebagai makanan pembangkit selera (appetizer), ingridien, dan bumbu masakan (condiment)



Tape Ketan

- Tape ketan: produk fermentasi tradisional terbuat dari beras ketan yang dimasak, didinginkan, dan diinokulasi dengan ragi
- Ragi: *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zigosaccharomyces*
- Memfermentasi pati menjadi gula, lalu didegradasi menghasilkan alkohol, dan komponen membentuk flavor.
- Tape ketan berasa manis, sedikit asam, tekstur lunak, mengandung alkohol
- Fermentasi tape termasuk anerobik fakultatif (dapat melakukan fermentasi dengan ada atau tidaknya oksigen).



Tauco

- Tauco: bahan penyedap, dihasilkan melalui fermentasi kedelai hitam melibatkan kapang, khamir, dan bakteri
- Tahapan pembuatan tauco: perendaman, pencucian, pengukusan, penirisan, dan perendaman dalam larutan garam.
- Mempunyai aroma khas terbentuk dari asam, alkohol, dan ester, tahan lama karena kadar garamnya tinggi
- Dua tahap fermentasi: fermentasi kapang dan fermentasi larutan garam
- Fermentasi 1: kapang *Aspergillus oryzae*, *R. oligosporus*, *R. oryzae*.
- Fermentasi 2: ditambah larutan garam 22,8%.



Oncom

- Oncom: produk fermentasi berbahan baku bungkil kacang tanah (ampas kacang tanah) dan ampas tahu.
- Oncom merah: kapang *Neurospora sitophila*, berwarna warna merah
- Oncom hitam: kapang *Rhizopus* dan *Mucor*
- Kedua ragi kapang mensintesis enzim lipase dan protease
- Proses pengolahan oncom termasuk jenis fermentasi media padat: fermentasi penggunaan substrat padat sebagai sumber karbon, nitrogen, dan energi
- Enzim tersebut menguraikan pati menjadi gula, penguraian lemak, pembentukan sedikit alkohol, dan berbagai ester pembentuk aroma khas

Oncom hitam



Oncom merah



EnD. .