

TEKNOLOGI FERMENTASI SAYURAN

A. PENDAHULUAN

Fermentasi merupakan cara yang tertua disamping pengeringan yang dipraktikkan manusia untuk tujuan pengawetan dan pengolahan makanan. Kira-kira 6.000 tahun SM, penduduk Babylonia sudah mengetahui bahwa khamir mampu menghasilkan bir. Kemudian sekitar 4.000 tahun SM, penduduk Mesir telah membuat adonan roti yang dapat mengembang dengan menggunakan khamir. Pada abad ke 14, penyulingan alkohol hasil fermentasi biji-bijian telah dipraktikkan di China dan Timur Tengah. Masih banyak lagi manusia jauh sebelum Antony van Leeuwenhoek, berhasil melihat bakteri dengan mikroskopnya dalam abad ke 17, yaitu antara lain pembuatan yoghurt, kefir, pickel, kraut dan cuka

Makanan terfermentasi merupakan hasil aktifitas berbagai spesie bakteri, khamir dan kapang. Proses katabolisme memegang peranan penting dalam siklus kehidupan mikroorganisme. Kemampuan mikroba dalam merubah karbohidrat melalui proses katabolisme tersebut menjadi asam laktat, asam asetat alkohol dan senyawa-senyawa lain, menyebabkan mikroba menjadi demikian penting bagi manusia untuk menghasilkan makanan awet dan bergizi tinggi. Berbagai hasil penelitian telah berhasil mengungkapkan bahwa melalui fermentasi, bahan-bahan makanan akan mengalami perubahan fisik dan kimia yang menguntungkan seperti terbentuknya flavor dan aroma yang disukai.

B. SEJARAH FERMENTASI SAYUR-SAYURAN

Fermentasi adalah suatu metode pengawetan bahan pangan yang sangat kuno yang terdapat mempertahankan nilai gizinya. Dalam sejarah fermentasi bahan pangan tidak ditemukan lagi waktu yang tepat kapan metoda ini mulai dipaktekkan orang.

Ketika kasar Chi'in shin Huang Ti membangu “ Tembok Cina” pada abad ketiga sebelum Masehi, sebagian dari ransom kuli-kulinya erdiri dari campuran berbagai jenis sayur-sayuran yang difermentasi seperti kubis, lobak, “*turnips*”, “ketimun”, ‘ beets” dan sayur-sayuran lain yang tersedia. Selain itu beberapa abad yang lalu, bangsa Korea juga telah mengembangkan Kimchi, yaiut Produk fermentasi asam laktat campuran berbagai sayur-sayuran seperti Kubis Cina, Lobak, Cabe merah dan bahan-bahan lainnya.

Pengawetan bahan pangan dengan metoda fermentasi diduga mulai berkembang di Timur jauh semenjak manusia mulai mengumpulkan dan menyimpan bahan pangan. Susu dengan mudah dapat mengalami fermentasi asam laktat secara alami dan semenjak manusia mulai pemerah susu hewan, susu asam sudah merupakan salah satu komoditi pangan mereka. Asam laktat dapat menghambat pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan dalam susu sehingga pembusukan susu dapat dicega. Demikian juga halnya, semenjak manusia mulai mengumpulkan sayur-sayuran, mereka sudah mempunyai masalah dalam hal mempertahankan mutu organoleptik dan nilai gizinya, terutama apabila disimpan dalam waktu yang relatif lama. Dalam beberapa hal pada masa itu, kemungkinan mereka menambahkan garam atau air laut yang ke sayur-sayuran untuk memperpanjang masa simpannya. Garam pada konsentrasi tinggi dapat mengawetkan bahan pangan, akan tetapi, kelebihan garam yang ditambahkan harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum bahan pangan tersebut dikonsumsi. Selama pemisahan garam yang dilakukan dengan perendaman dalam air, sayur-sayuran tersebut akan melalui beberapa fase yang mendukung berlangsungnya fermentasi asam laktat.

Meskipun pengawetan sayur-sayuran dan bahan pangan lainnya dengan penggaraman sudah tergolong kuno, metode pembuatan dan pemurnian garam adalah inovasi yang relative baru. Pada umumnya garam yang dihasilkan pada jaman dahulu tidak murni, sering mengandung elemen-elemen selain natrium dan klorin, pasir, tanah dan kotoran-kotoran lain yang dapat menurunkan daya pengawetannya.

Apabila sejumlah tertentu garam kering ditambahkan ke sayur-sayuran, setelah beberapa lama, akan terbentuk larutan garam yang mendung dan sayur-sayuran tersebut akan mempunyai cita rasa asam. Cita rasa asam ini mengimbangi sebagian cita rasa asin yang berlebihan, hal mana tidak diragukan lagi sangat menyenangkan bagi konsumen.

Dalam pelaksanaan penggaraman, sayur-sayuran kemungkinan direndam dalam larutan garam, oleh karena memungkinkan terjadinya pengendapan pasir, tanah dan bahan-bahan lain yang tidak larut sehingga tidak mencemari sayur-sayuran yang direndam didalamnya.

Praktek-praktek penggaraman sayur-sayuran terus berlangsung secara individual di rumah-rumah selama berabad-abad dengan sedikit modifikasi. Metoda-metode rumah tangga diturunkan dari orang tua ke anak-anaknya. Terbentuknya massa berbusa pada

permukaan larutan garam dianggap memegang peranan untuk berlangsungnya proses fermentasi.

Aplikasi dari ilmu pengetahuan pada penggaraman dan penamaan bakteri dan khamir yang terdapat dalam fermentasi bahan-bahan sayuran baru mulai pada awal tahun 1900. Perbaikan-perbaikan dalam hal teknik produksi dan pengembangan galur-galur sayuran berkualitas superior dan tahan terhadap penyakit telah memegang peranan yang sangat penting dalam mensuplai bahan –bahan sayuran dengan kuantitas dan kualitas yang memuaskan untuk fermentasi. Perbaikan-perbaikan yang nyata dalam fermentasi sayur-sayuran dimulai dengan pengembangan-pengembangan dalam bidang mikrobiologi sekitar 100 tahun yang lalu. Kulminasi dari semua hal-hal ini sampai pada kesimpulan bahwa lebih dari satu spesies bakteri asam laktat yang berperan dalam fermentasi sayur-sayuran.

Pertumbuhan dan aktivitas fermentasi dari spesies-spesie ini dipengaruhi oleh factor-faktor lingkungan terutama kadar garam dan temperature.

Berkat hasil penelitian-penelitian, sebagian besar sifat-sifat alami dari fermentasi asam laktat pada sayur-sayuran dan buah-buah pangan lainnya serta perubahan-perubahan mikrobiologi, fisik dan kimia yang terjadi selama fermentasi telah dapat diketahui. Secara, umum dapat diambil kesimpulan bahwa fermentasi asam laktat menghasilkan keuntungan-keuntungan sebagai berikut :

- (1) Menyebabkan bahan pangan menjadi resisten terhadap pembusukan mikrobiologi dan pembentukan racun-racun makanan
- (2) Menyebabkan bahan pangan menjado kurang ideal sebagai media perpindahan mikroba-mikroba pathogen
- (3) Menyebabkan bahan pangan mengalami penurunan nilai gizi
- (4) Memodifikasi cita-rasa orisinil bahan pangan menjadi lebih merangsang selera makan dan kadang-kadang memperbaiki nilai gizi

Dalam hal ini, orang-orang Korea mempercayai lebih jauh bahwa fermentasi asam laktat dapat mengilminasi parasit-parasit dan mikroba-mikroba pathogen tinja yang terdapat pada sayur-sayuran apabila tinja manusia atau hewan digunakannya sebagai pupuknya.

Hampir semua jenis sayur-sayuran, termasuk sayuran buah seperti, ketimun, tomat dan zaitun dapat difermentasi oleh bakteri asam laktat. Semua jenis sayur-sayuran mengandung gula dan komponen-komponen nutrisi lainnya yang cukup sebagai substrat untuk pertumbuhan bakteri asam laktat dan mikroba –mikroba lainnya. Namun demikian, sayur-sayuran yang paling populer digunakan untuk fermentasi asam laktat adalah kubis untuk pembuatan sauerkraut serta ketimun dan zaitun untuk pembuatan pickel. Dalam jumlah yang lebih kecil, berbagai jenis sayur-sayuran lain seperti wortel, kembang kol, seledri, okra, lada, bawang dan tomat hijau juga difermentasi, khususnya untuk pembuatan pickel campuran.

C. MIKROBIOLOGI FERMENTASI DAN SAYUR-SAYURAN

Sejak mulai tumbuh, sayur-sayuran berada dalam lingkungan aerobik dan berkontak dengan intim dengan tanah, udara dan air. Oleh karena itu, sebagian besar mikroba yang terdapat pada permukaannya ketika dipanen adalah spesies-spesies aerobik dari mikroba tanah dan mikroba air dari genus *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Escherichia* dan *Bacillus*.

Mikroba yang terdapat pada permukaan sayur-sayuran umumnya sangat bervariasi, baik jumlah maupun jenisnya. Jumlah total mikroba sebesar $1,3 \times 10^6$ per gram telah pernah dilaporkan terdapat pada daun-daunan bagian luar dari kubis. Pada sayur-sayuran, pada mulanya terdapat dalam jumlah yang relative kecil pada permukaannya. Proporsi dari mikroba ini dibandingkan dengan spesies-spesies aerobik yang tidak diinginkan sedemikian rendahnya sehingga untuk mengestimasi jumlah mikroba fermentatif harus digunakan teknik khusus untuk menghambat pertumbuhan spesies-spesies aerobik tanpa mempengaruhi pertumbuhan spesies-spesies fermentatif. Oleh karena itu, dalam fermentasi sayur-sayuran adalah sangat penting untuk menciptakan pertumbuhan mikroflora aerobik, akan tetapi untuk pertumbuhan flora bakteri asam laktat. Kondisi-kondisi ini sudah dapat dirumuskan dengan sempurna dewasa ini, yang mana kondisi hampa udara dan konsentrasi garam yang tepat merupakan dua hal yang paling penting untuk dikontrol.

Pakar-pakar mikrobiologi jaman dahulu mengaitkan fermentasi dengan dua spesies bakteri, yaitu spesies homofermentatif penghasil asam laktat yang disebut *Bacillus*

curcumeris fermentati, dan spesies heterofermentatif yang disebut *Bacillus brassicae fermentatae*. Sejumlah galur-galur yang dekat hubungannya telah diberikan nama yang spesifik yang telah termasuk dalam daftar nama-nama mikroba yang telah diterima secara umum seperti *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus brevis* di dalam buku Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, edisi ke 6-tahun 1948. Nama *curcumeris* dan *brassicae* menunjukkan bahwa spesies yang pertama dianggap fermenter ketimun dan spesies kedua dianggap fermenter kubis. Akan tetapi, studi-studi lebih lanjut menunjukkan bahwa kedua spesies tersebut berperan pada hampir semua fermentasi sayur-sayuran.

Sebelum tahun 1930, Orla-Jensen (1919) telah mengisolasi galur *Betacoccus arabinosaccus*, yaitu sinonim dari *Leuconostoc mesenteroides*, dari kentang asam, kubis asam dan adonan terigu asam. Akan tetapi, Orla-Jensen hanya tertarik untuk mempelajari mikroba saja dan tidak mengaitkannya dengan fermentasi.

Pada suatu studi yang klasik, dengan mengambil sampel dari sauerkraut yang sedang difermentasi setiap interval waktu 2 jam, lalu mengisolasi dan mengidentifikasi mikroba yang terdapat di dalamnya, Pederson (1930) menemukan suatu deretan mikroba yang berperan secara berurutan pada fermentasi sauerkraut. Dia melaporkan bahwa stadium yang paling awal dari fermentasi sauerkraut didominasi oleh *Leuconostoc mesenteroides* dan stadium selanjutnya diselesaikan oleh *Lactobacillus brevis* dan *Lactobacillus plantarum*. Pada temperatur atau kadar garam yang sangat tinggi, dua spesies mikroba lainnya, yaitu *Streptococcus faecalis* dan *Pediococcus cerevesiae*, juga memegang peranan. Bakteri gram negatif yang umumnya sangat banyak terdapat pada sayur-sayuran segar, mempunyai pengaruh yang sangat kecil pada fermentasi sayur-sayuran dengan kondisi normal.

Dengan demikian, semenjak tahun 1930, *Lactobacillus mesenteroides* telah diakui sebagai mikroba yang sangat penting untuk memulai proses fermentasi dari berbagai jenis sayur-sayuran seperti ketimun, kubis, "beets", "turnips", "chardes", kembang kol, kacang hijau, tomat hijau, "Brussels sprout", sayur-sayuran campuran (kimchi dan pausay), zaitun dan lain-lain termasuk kedelai, baik dengan menggunakan garam kering maupun dengan menggunakan larutan garam. Pada fermentasi yang lebih lanjut, bakteri asam laktat yang berperan adalah *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus cerevesiae* dan

Lactobacillus plantarum. Kondisi lingkungan, jumlah dan jenis mikroba yang terdapat, kebersihan, konsentrasi dan penyebaran garam, temperature dan penutupan akan sangat menentukan berlangsungnya fermentasi.

Apabila sayur-sayuran dipotong atau disayat pada waktu panen, sejumlah kecil cairan protoplasma akan keluar ke permukaan bidang sayatannya. Spesies mikroba fermentative, khususnya *Leuconostoc mesenteroides* dapat menggunakan cairan ini sebagai medium yang baik untuk pertumbuhan dan pada umumnya, pertumbuhan spesies ini menghasilkan dekstran berlendir pada permukaan bidang sayatan sayur-sayuran. Oleh karena sifat pertumbuhannya yang demikian, pada mulanya *Leuconostoc mesenteroides* hanya dikenal sebagai suatu mikroba pembusuk pada pabrik-pabrik gula, sedangkan nilainya sebagai suatu mikroba yang penting dan berguna dalam fermentasi makanan tidak diharapkan. Kegunaan yang nyata dari spesies ini baru diketahui sepenuhnya setelah hasil-hasil penelitian menunjukkan peranannya dengan lengkap dan kondisi-kondisi lingkungan yang diperlukan untuk pertumbuhannya.

Sekarang telah diketahui bahwa *Leuconostoc mesenteroides* dapat tumbuh pada fermentasi sayur-sayuran jauh lebih cepat daripada bakteri asam laktat lainnya pada kisaran temperature dan konsentrasi garam yang luas.

Dalam pertumbuhannya, spesies ini menghasilkan karbondioksida dan asam yang dengan cepat menurunkan pH sehingga menghambat pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan dan aktivitas enzim yang dapat menyebabkan pelunakan sayur-sayuran. Karbondioksida mengaitkan udara dan menciptakan suatu kondisi anaerobic yang mendukung untuk menstabilkan asam askorbat dan warna alami dari sayur-sayuran. Selain itu, pertumbuhan spesies ini dapat mengubah kondisi lingkungan menjadi lebih ideal untuk pertumbuhan spesies-spesies dari bakteri asam laktat lainnya secara berurutan. Dalam pertumbuhannya, spesies-spesies tersebut menghasilkan asam-asam organik, alcohol, ester dan produk-produk pertumbuhan lainnya yang keseluruhannya berkombinasi menghasilkan suatu cita-rasa yang unik dan menyenangkan. Selain itu, spesies-spesies tersebut mengkonversir sisa gula menjadi mannitol dan dekstran yang pada umumnya tidak terfermentasi oleh mikroba selain bakteri asam laktat. Mannitol dan dekstran yang dihasilkan disini adalah produk-produk intermedier yang menguntungkan dalam fermentasi yang sempurna karena senyawa-senyawa tidak mengandung aldehida

bebas yang reaktif atau grup keton yang apabila bergabung dengan asam-asam amino yang akan menghitamkan bahan pangan. Penemuan-penemuan dalam peranan spesies *Leuconostoc mesenteroides* telah mengubah dan menstandarisasi praktek-praktek tertentu pada industri fermentasi sayur-sayuran.

Perubahan-perubahan yang kompleks terjadi pada fermentasi sayur-sayuran yang dihasilkan oleh pertumbuhan beberapa spesies bakteri asam laktat secara berurutan. Pertumbuhan setiap spesies bakteri asam laktat tersebut tergantung pada keberadaannya pada sayur-sayuran pada awal fermentasi, konsentrasi garam dan gula dan temperature. Dalam hal ini, walaupun telah ditekankan pentingnya peranan *Leuconostoc mesenteroides* dalam urutan bakteri asam laktat tersebut, peranan spesies-spesies bakteri asam laktat bakteri lainnya seperti *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus cerevisiae* dan *Lactibacillus plantarum*, juga tidak kalah pentingnya.

Lactibacillus plantarum adalah spesies penghasil asam tinggi dan sama-sama dengan suatu spesies yang kurang populer, *Pediococcus cerevisiae*, memegang suatu peranan yang utama pada fermentasi sayur-sayuran, khususnya fermentasi pada larutan garam. *Lactobacillus bervis* penting untuk membentuk karakter khusus pada sayur-sayuran terfermentasi yang dikarakterisasi oleh kemampuannya untuk memfermentasi gula pentosa. Hal yang menguntungkan dari pertumbuhan *Leuconostoc mesenteroides* secara dini adalah kontribusinya untuk menurunkan pH dengan cepat sehingga menghambat pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan dan aktifitas enzim serta menghasilkan karbon dioksida untuk membuat kondisi anaerobik dan menciptakan kondisi lingkungan yang ideal untuk kelanjutan fermentasi untuk spesies-spesies bakteri asam laktat lainnya.

Karakteristik dari spesies-spesies bakteri asam laktat ini bervariasi, khususnya dalam hal toleransi terhadap garam dan asam dan kisaran temperature pertumbuhan. Perbedaan karakteristik-karakteristik ini harus dipertimbangkan pada fermentasi setiap produk sayur-sayuran, khususnya apabila memfermentasi dengan penggaraman kering.

Masalah-masalah yang sering terjadi adalah pelunakan, pembengkakan diskolorasi dari sayur-sayuran serta fermentasi abnormal. Kebanyakan masalah-masalah ini terjadi oleh karena kesalah pahaman konsep peranan dan fungsi garam dalam fermentasi. Akan tetapi, penelitian-penelitian yang dilakukan oleh Febian dan Etchell serta kawan-kawan

mengenai fermentasi kerimun, oleh Vaughn dan kawan-kawan mengenai fermentasi zaitun, serta oleh Fred dan Peterson dan oleh Pederson mengenai fermentasi sauerkraut telah banyak membantu untuk mengatasi masalah-masalah ini.

Pada beberapa studi-studi terdahulu mengenai fermentasi sayur-sayuran, spesies *Leuconostoc mesenteroides* tidak terobservasi oleh karena isolasi spesies ini tidak dilakukan pada awal fermentasi atau media isolasi yang digunakan tidak selektif. Untuk pertumbuhannya, spesies ini lebih menyukai fruktosa dari pada glukosa sehingga pada fermentasi sukrosa, traksi fruktosa difermentasi dan molekul glukosa yang tersisa berinterkombinasi membentuk dekstran berlendir yang tidak larut dalam air. Dekstran ini dapat membentuk masa gelatin, padat, seperti karet atau lender encer yang mengelilingi sel-sel bakteri.

Oleh karena itu dalam beberapa kasus, sayur-sayuran yang sedang difermentasi sering sangat berlendir pada fase pertengahan fermentasi, akan tetapi, pada fermentasi lebih lanjut. Dekstran ini dimetabolisme oleh spesie-spesie bakteri asam laktat lainnya. Namun demikian pada pabrik-pabrik gula, pertumbuhan *Leuconostoc mesenteroides* ini dapat menyebabkan hal-hal yang sangat fatal oleh karena dekstran yang terbentuk menyumbat pipa-pipa dan peralatan-peralatan sehingga menurunkan efisien proses produksi dan bahkan dapat menghentikan proses produksi untuk mengeluarkan lender tersebut. Tanda-tanda pertumbuhan dari spesies ini sebenarnya dengan mudah dapat diobservasi pada permukaan sayatan atau luka-luka pada tebu, *beets* atau sayur-sayuran.

Sebagaimana telah dijelaskan diatas, pelepasan gas yang terlihat pada permukaan tangki fermentasi sayur-sayuran, pada mulanya dihasilkan *Leuconostoc mesenteroides* dan juga berasal dari pelepasan gas dari dalam sayur-sayuran. Kemudian *Lactobacillus brevis* juga akan menghasilkan sejumlah gas. Aktivitas *Lukonostoc mesenteroides* dapat menghasilkan keasaman 1,0% sampai dengan 1,2% asam laktat pada fermentasi dengan garam kering.

Pada fermentasi dalam larutan garam, dihasilkan keasaman yang lebih besar 0,4% sampai dengan 0,6% oleh karena kandungan buffer yang lebih rendah. Selanjutnya, *Lactobacillus brevis*, *Lactibacillus plantarum* dan kadang-kadang *Pediococcus cerevisiase* akan tumbuh secara simultan sementara awal fermentasi berlangsung asalkan temperaturnya sesuai. Dengan demikian, keasaman 2,0% sampai dengan 2,5% asam

laktat akan dihasilkan apabila terdapat gula dalam jumlah yang cukup banyak pada fermentasi sayur-sayuran dengan penggaramkan kering, sedangkan pada fermentasi sayur-sayuran dalam larutan garam, keasaman lebih dari 1,0% sampai dengan 1,2% asam laktat jarang tercapai.

Namun demikian, sering terjadi, apabila kandungan garam dari sayur-sayuran yang direndam dalam larutan garam terlalu cepat meningkat, kombinasi aktivitas penghambatan dari garam dapat menghentikan pembentukan asam pada keasaman yang relative rendah, sedangkan pada fermentasi sayur-sayuran dalam larutan garam, asam dan gas karbondioksida yang terbentuk menghambat pertumbuhan mikroba aerobik yang tidak diinginkan padam gas karbondioksida menggantikan udara sehingga menghasilkan kondisi anaerobic untuk menstabilkan asam askorbat serta mencegah terjadinya oksidasi dan penghitaman sayur-sayuran.

Berdasarkan penjelasan-penjelasan tersebut diatas, dapat disimpulkan bahwa fermentasi sayur-sayuran dimulai oleh spesies *Leuconostoc mesenteroides*. Sel dari spesies ini berbentuk bulat atau kokoid dengan diameter 1,2 mikro dan terdapat secara alami pada permukaan bidang sayatan atau luka-luka dari sayur-sayuran. Anggota dari spesies ini berbeda dalam hal kebutuhan akan asam-asam amino, vitamin-vitamin, mineral-mineral dan gula-gula tertentu untuk pertumbuhan. Spesies ini memfermentasi glukosa menjadi 45% asam laktat –(D), 25% karbondioksida dan 25% asam asetat dan etil alkohol.

Fruktosa diredukso menjadi mannitol yang lebih mudah difermentasi dari pada glukosa. Pentosa, arabinosa, dan silosa difermentasi menjadi asam laktat dan asam asetat dengan jumlah molekul yang sama. Kombinasi dari asam-asam organik dan alkohol yang dihasilkan berperan untuk membentuk ester-ester yang menghasilkan cita-rasa spesifik. Pada media yang mengandung sukrosa, spesies ini akan tumbuh dengan menghasilkan dekstran berbentuk lender encer atau lender padat seperti karet. Karakteristik ini ditambah dengan karakteristik pembentukan asam laktat dan asam asetat dari arabinosa dapat digunakan untuk identifikasi spesies.

Keuntungan lain yang dihasilkan dari pertumbuhan *Leuconostoc mesenteroides* adalah terciptanya kondisi lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan spesies-spesies bakteri asam laktat lainnya secara beruruta yaitu *Lactobacillus brevis*, *Lactibacillus*

plantarum dan kadang-kadang *Pediococcus cerevisiase*. Kadang-kadang galur *Streptococcus faecalis* juga ditemukan pada fase awal fermentasi, akan tetapi spesies ini tidak mempunyai peranan penting. Pertumbuhan optimum dari setiap spesies berlangsung berdasarkan urutan toleransi asamnya, akan tetapi, akan selalu ada pertumbuhan spesies-spesie yang saling tumpang tindih.

Sel *Lactobacillus brevis* berbentuk batang pendek dan lurus dengan ukuran panjang 2,0 sampai dengan 4,0 mikron dan lebar 0,7 sampai dengan 1,0 mikron, serta tumbuh secara tunggal atau membentuk rantai pendek. Spesies ini bersifat keterofermentatif, menghasilkan asam laktat-DL dan gas karbondioksida dari glukosa dan fruktosa. Temperatur pertumbuhan optimum dari spesies ini adalah sekitar 30°C; pada temperatur 10°C masih dapat tumbuh, akan tetapi, pada temperature 45°C tidak dapat tumbuh.

Sel *Lactibacillus plantarum* juga berbentuk batang lurus dengan ukuran panjang 3,0 sampai dengan 8,0 mikron dan lebar 0,7 sampai dengan 1,0 mikron dan pada umumnya tumbuh membentuk rantai. Spesies ini adalah penghasil asam tertinggi diantara ketiga spesies bakteri asam laktat tersebut diatas yang dapat menghasilkan asm laktat-DL tiga sampai empat kali lebih banyak dari pada yang dihasilkan *Leuconostoc*. Temperatur pertumbuhan dari spesies ini adalah juga sekitar 30°C.

Sel dari *Pediococcus cerevisiase* berbentuk bulat atau kokhoid dengan diameter 0,9 sampai dengan 0,9 sampai dengan 1,0mikroan dan pada umumnya tumbuh berbentuk tetrad atau berpasangan empat. Spesies ini memfermentasi gula-gula menjadi asam laktat-DL yang tidak aktif dan dapat menghasilkan asam tertitrisi sebanyak dua kiali dari yang dihasilkan *Leuconostocs*.

Semua spesie bakteri asam laktat tersebut diatas bersifat gram positif, tidak membentuk spora, tidak mereduksi nitrat dan tidak mencair kan gelatin. Spesies-spesies ini bersifat mikroaerofilik dan sangat jarang tumbuh pada permukaan media agar. Meskipun membutuhkan asam-asam amino tertentu untuk pertumbuhan, spesies-spesie ini dapat menyebabkan perubahan-perubahan kecil terhadap protein.

D. SAUERKRAUT

Sauerkraut adalah *suerkhol* adalah terminologi yang berasal dari Jerman yang telah populer digunakan secara Internasional sebagai nama “kubis asam, yaitu hasil fermentasi asam laktat dari rajangan putih dengan panjang sekitar 20cm dan lebar sekitar 2 mm sampai dengan 5 mm. Walaupun namanya menggunakan terminology Jerman, pendapat yang mengatakan bahwa produk ini berasal dari Jerman untuk tidak dibenarkan, oleh karena orang-orang Jerman adalah penggambara ketika pertama kali mereka mengenal produk-produk ini dari orang Romawi sekitar permulaan era kristen.

Kubis (*Brassica oleracea*) adalah satu jenis tanaman yang sudah sangat lama dikenal dan digunakan manusia untuk berbagai keperluan. Gambar-gambar dna figura-figura dari Mesir kuno melukiskan kubis meletakkan di altar candi sebagai pemberian atau anugrah yang terhormat dari Tuhan. Dokter-dokter Yunani dan Romawi menggunakan kubis sebagai obat untuk berbagai jenis penyakit dan oleh karena itu, kubis adalah sayuran yang umum ditanam di kebun-kebun milik orang Yunan dan Romawi. Deskripsi-diskripsi kuno yang menunjukkan terdapat varitas kubis yang berkepala putih dan padat yang merupakan indikasi bahwa kubis sudah sangat lama didomestikas sehingga telah mengatasi perubahan-perubahan yang eksentif dari tipe-tipe yang liar menjadi tipe-tipe yang dibudidayakan.

Kubis adalah suatu jenis tanamn beriklim sedang yang berasal dari berbagai tempat didaratan Eropa.

Namun demikian, penggunaan kubis sebagai suatu tanaman sayuran dan teknik budidaya didaratan Eropa bagian utara dipelopori oleh bangsa Romawi. Kubis berkepala putih, besar dan padatan adalah varitas kubis yang paling banyak ditanam di daerah-daerah beriklim sedang didaratan Eropa bagian utara.

Dalam diet manusia, kubis selalu mempunyai kedudukan yang mana perannya sebagai bahan tambahan untuk membuat bahan makanan lain lebih disukai dan lebih mudah dicerna lebih menonjol dari pada nilai gizinya sendiri. Selain itu, peranan kubis sebagai obat juga cukup menonjol. Cato dalam menuskripsinya *De re rustica* yang ditulis sekitar tahun 200 sebelum Masehi memberikan penghargaan yang tinggi terhadap kubis sebagai tanaman yang terpenting yang dimiliki bangsa Romawi dengan teknik pembudidayaan, dan selama periode mulai dari sekitar 200 sebelum Masehi, terus

berlangsung sampai dengan sekitar 450 tahun sesudah Masehi, kubis adalah tanaman utamayang digunakan dirkerajaan romawi untuk pengobatan berbagai jenis penyakit.

Dalam serjarah perkembangan fermentasi makanan, bangsa Tartar dibawah Genhis Khan kadang-kadang diakreditasi sebagai bangsa yang memperkenalkan sayur-sayuran terfermentasi kedaratan Eropa. Akan tetapi, kemudian hak ini sedikit diragukan oleh karena metoda pengawetan sayur-sayuran yang demikian kemungkinan telah digunakan di Eropa jauh lebih dulu.

Sauerkraut yang dibuat pada jaman dahulu sangat berbeda dengan sauerkraut yang dihasilkan sekarang, pada mulanya, sauerkraut dibuat hanya dengan merabuk atau membumbui daun kubis dengan anggur asam atau vinegar. Kemudian pembuatan sauerkraut berkembang, yang mana daun kubis dipatahkan dan dipotong menjadi potongan-potongan kecil, lalu dikemas dalam suatu wadah kedalam mana kemudian ditambahkan larutan perendam, yaitu *Verjuis* (sari perasaan dari apel atau anggur mentah), anggur asam atau vinegar. Metoda ini lambat laun berkembang lagi yang mana larutan-larutan asam diganti dengan garam dan fermentasi spontan pun mulai berlangsung.

Apabila dibandingkan metoda yang digunakan sekaranag dengan prosedur yang dilakukan pada jaman dahulu, pembuatan sauerkraut baru mulai berkembang sekitar periode 1550 sampai dengan 1750 sesudah Masehi, meskipun kubis sudah dikenal dan digunakan sebagai bahan pangan selama sekitar 4000 tahun. Evaluasi sejarah tentang fermentasi sauerkraut secara lebih rinci dapat dibaca pada publikasi Pederson (1960;1979) dan Pederson dan Albubury (1969).

Secara harafiah, sauerkraut hanya merupakan produk yang sangat sederhana, yaitu kubis asam. Akan tetapi, pembahasan tentang factor-faktor yang berperan dalam pembuatan sauerkraut sangat penting oleh karena prinsip-prinsip yang diaplikasikan pada pembuatan sauerkraut dan juga pada pembuatan berbagai jenis produk pangan terfermentaso lainnya adalah prinsip proses fermentasi. Meskipun mudah membuatnya dihadang oleh kesalahan-kesalahan kecil yang dapat menyebabkan produk akhir yang dihasilkan muti infazion.

Sauerkraut dapat dibuat secara sederhana dengan menambahkan garam kerajinan kubis, lalu dikemas dalam suatu wadah didiamkan untuk berfermentasi dalam beberapa

minggu akan dihasilkan produk fermentasi yang edible. Apabila dibuat dengan cermat dengan jumlah garam dan temperature yang tepat, dibalur garam dengan sempurna dan dikemas dengan rapat, maka produk akhir yang dihasilkan akan superior.

Metoda-metoda yang digunakan untuk pembuatan sauerkraut dewasa ini telah berkembang dengan meningkatnya pengetahuan tentang hal-hal yang berlangsung dalam fermentasi. Sampai akhir-akhir ini, pembuatan sauerkraut masih berdasarkan naluri yang dalam banyak hal menyebabkan sauerkraut bermutu inferior atau busuk. Pada tahun 1900, studi-studi baru mulai dirancang untuk lebih banyak mempelajari proses dan pengaruh factor-faktor lingkungan untuk mengembangkan metoda-metoda yang di dalam batas-batas tertentu dapat menstandarisasi mutu produk sauerkraut yang dihasilkan.

Varitas-varitas kubis yang digunakan untuk pembuatan sauerkraut adalah varietas-varietas yang dapat tumbuh dengan baik di daerah-daerah sentra produksi. Akan tetapi, kemudian dikembangkan varitas-varitas kubis yang khusus untuk pembuatan sauerkraut. Faktor-faktor yang digunakan sebagai dasar pengembangan varitas-varitas kubis dalam lima puluh tahun terakhir ini adalah rendemen, ketahanan terhadap penyakit dan penggunaan alat-alat pemanen mekanis. Dengan demikian sebagian besar varitas-varitas baru yang telah beradaptasi dengan baik dengan teknik pemanen mekanis serta mempunyai kandungan padatan terlalu lebih tinggi dan kandungan air lebih tinggi dan kandungan lebih rendah sehingga mengurangi limbah cair pabrik. Varitas kubis dipilih untuk pembuatan sauerkraut yang berkualitas superior adalah kubis yang berkepala putih, padat, manis dan mempunyai cita-rasa yang ringan.

Pada mulanya, pembuatan sauerkraut hanya dilakukan di rumah tangga sebagai usaha untuk menyelematkan, akan busuk sebelum digunakan. Dewasa ini, produksi sauerkraut secara komersial telah menjadi suatu industri pangan yang penting walaupun sejumlah tertentu sauerkraut masih diproduksi di rumah tangga, khususnya di daerah-daerah pinggiran kota dan pedesaan dimana masih terdapat kebun sayur perkarangan.

Negara-negara produsen sauerkraut yang paling terkenal dewasa ini adalah Jerman dan Amerika Serikat serta Belanda, Perancis dan Canada. Produksi sauerkraut di Amerika Serikat lebih dari dua kali banyak dari pada produksi sauerkraut di Jerman, akan tetapi, konsumsi sauerkraut di Jerman dua kali dari pada konsumsi sauerkraut sangat populer, konsumsi oleh seluruh lapisan masyarakat dengan cara dimakan segar atau

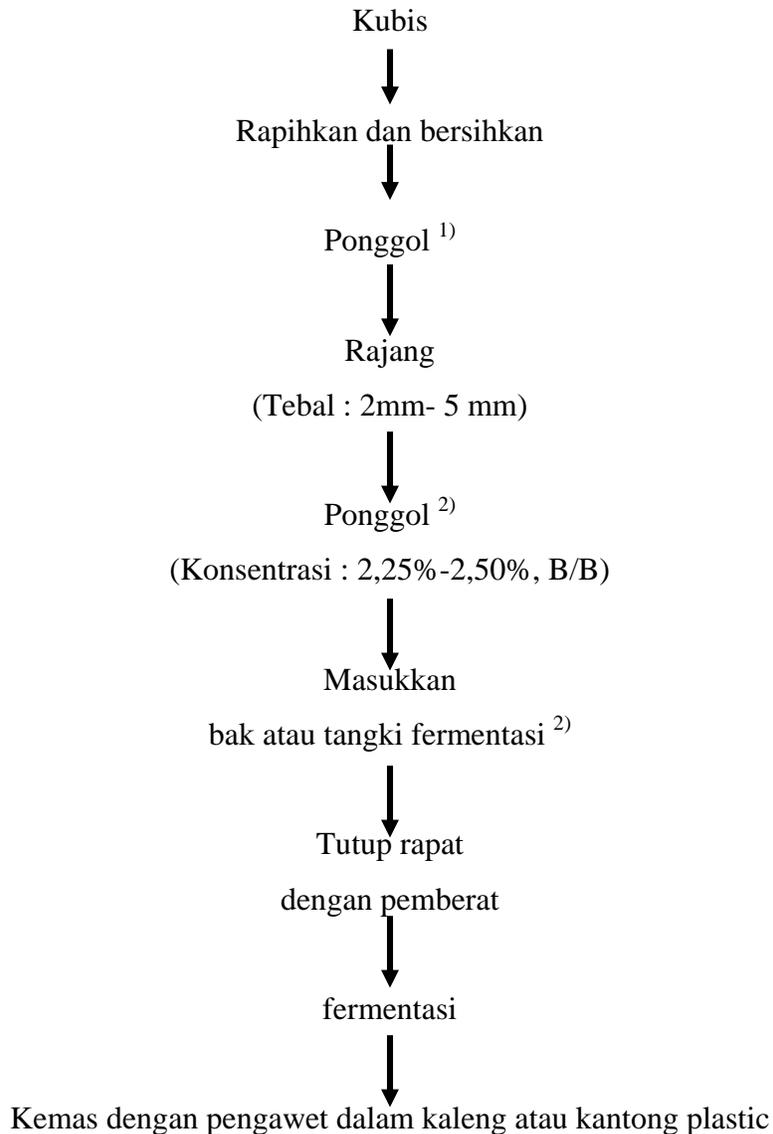
dimasak dengan daging, sosis atau makan-makanan lainnya. Oleh karena itu, kedua negara ini juga mempunyai standart untuk sauerkraut.

Di Jerman, sauerkraut harus mengandung minimum 7,5% asam laktat dengan pH maksimum 4,1; larutan garam yang dapat tertampung harus sebanyak sekitar 10% dari berat total sauerkraut dengan kadar garam berkisar antara 0,7% sampai dengan 3,0%. Departemen Pertanian Amerika Serikat menentukan kadar garam produk akhir sauerkraut harus berkisar antara 1,3% sampai dengan 2,5% dan jumlah garam yang dianjurkan untuk digunakan pada awal penggaraman adalah 2,25% B/B.

PERSIAPAN FERMENTASI

Kepala-kepala kubis tanpa cacat dan cukup tua dirapikan dengan memotong daun-daun hijau, sobek dan kotor dibagikan kuar. Kemudian bonggolnya (bagian tengah) dipotong secara mekanis dengan suatu alat khusus (corer) yang dapat ditarik kembali sehingga meninggalkan bonggol tersebut tetap pada kepala kubis. Selanjutnya kubis, dirajang dengan alat perajang khusus (pisau-pisau terkendali yang diputar tenaga penggerak) menjadi rajangan-rajangan panjang dengan ketebalan 0,16 cm sampai dengan 0,08 cm. pada umumnya, rajang-rajangan panjang dan tipis lebih disukai, akan tetapi ketebalannya ditentukan atas pertimbangan dari sauerkraut. Rajangan kubis yang juga dikenal sebagai “slaw” diangkat dengan ban berjalan atau bergerobak kesuatu bak atau tangki untuk fermentasi.

Tangki atau bak yang paling umum fermentasi larutan garam pada sauerkraut terbuat dari kayu. Akan tetapi, beberapa sauerkraut juga menggunakan bak-bak beton dengan mantel plastic. Selain itu bak-bak yang terbuat dari tanah liat yang terpanggang dan digosok sampai licin juga digunakan di beberapa pabrik sauerkraut di Eropa. Tangki atau bak yang terbuat dari kayu, khususnya bagian dalamnya harus diparafin atau dilapis dengan cara-cara lainnya untuk menutupi pori-pori atau retak-retak pada permukaannya. Celah-celah tersebut dapat menjadi tempat pertumbuhan bakteri kapang khamir yang tidak diinginkan. Apabila bakteri tersebut bakteri asam laktat, kemungkinan adalah galur yang homofermentatif yang seharusnya tidak boleh ada pada permyulaan fermentasi.



Keterangan : 1) Dipotong bagian tengahnya (bonggolnya) tanpa dipisahkan dari kubisnya.

2) pada Industri komersial, penggaraman dan pemasukkan ke dalam bak atau tangki fermentasi dilakukan stimulant dan secara mekanis.

Garam memegang utama dalam pembuatan sauerkraut dan oleh karena itu, konsentrasi garam yang digunakan harus dikontrol dengan teliti. Menurut Standar yang telah ditetapkan, konsentrasi garam yang digunakan tidak boleh kurang dari 2% dan tidak boleh lebih dari 35. Akan tetapi, pembuatan sauerkraut pada umumnya menggunakan garam pada konsentrasi yang berkisar antara 2,25% sampai dengan 2,5%. Gram yang ditambah harus disebarakan secara merata keseluruh massa rajangan.

Pada beberapa pabrik sauerkraut, rajang-rajangan kubis ditimbang diatas dan berjalan sejumlah tertentu garam yang telah dipersiapkan ditaburkan dengan sejumlah tertentu garam yang telah dipersiapkan diteburkan dengan suatu alat penabur garam khusus kerajang-rajangan kubis tersebut diatas dan berjalan selama bergerak menuju bak atau tangki fermentasi. Akan tetapi metoda ini dapat dilakukan di beberapa pabrik sauerkraut yang lain oleh karena rajangan-rajangan kubis diangkat dengan gerobak tangan ke bak atau tangki fermentasi. Dalam hal ini beberapa pembuat sauerkraut lebih menyukai melkaskan penambahgaram kerang-rajangan kubis dalam setiap gerobak sebelum dimasukkan ke dalam bak atau tangki fermentasi dan beberapa pembuat sauerkraut lainnya langsung menuangkan rajang-rajangan yang diangkat dengan gerobak kedalam bak atau tangki fermentasi, lalu menyebarkan dengan garpu-garpu dan baru kemudian menaburinya dengan sejumlah tertentu garam yang telah dipersiapkan.

Bak atau tangki yang telah diisi dengan rajangan-rajangan kubis bergaram secara optimal harus segera ditutup rapat. Secara konvensional, rajang-rajangan kubis tersebut ditutup dengan suatu lapisan tebal daun-daun luar dan kemudian ditindih dengan tutup klayu dengan pemberat.

Dewasa ini, pabrik-pabrik sauerkraut menggunakan tutup dari lembaran plastic yang luasnya jauh lebih besar dari pada luas permukaan bak atau tangkinya sendiri. Lembaran plastic tersebut ditempatkan dengan rapat diatas rajang-rajangan kubis dalam bak atau tangki fermentasi dengan sisi-sisinya menyalut keluar sisi-sisi bak atau tangki fermentasi sehingga terbentuk suatu kantong terbuka. Dalam beberapa jam, larutan garam telah terbentuk dan fermentasi telah berlangsung dalam bak atau tangki fermentasi tersebut.

Konsentrasi garam dalam larutan garam yang baru terbentuk meningkatkan berat jenis larutan garam tersebut sehingga rajang-rajangan kubisnya didalamnya cenderung mengapung. Oleh karena itu, kantong terbuka yang terbentuk diatas rajang-rajangan kubis dalam bak atau tangki fermentasi harus diisi dengan air atau lebih disukai larutan garam sebagai pemberat atau menekan rajangan-rajangan kubis kedalam larutan garam sampai permukaan rajangan-rajangan kubis yang berada pada bagian atas terendam oleh larutan garam. Apabila rajang-rajangan kubis tidak terendam dengan sempurna dalam

larutan garam, rajang-rajangan kubis tersebut akan mengalami perubahan warna (diskolorasi) yang disertai dengan perubahan cita rasa yang tidak diinginkan.

Dengan teknik penutupan yang lebih baru seperti tersebut diatas dapat diciptakan kondisi yang mendekati anaerobi, khususnya setelah fermentasi setelah menghasilkan sejumlah asam dan karbondioksida. Apabila terjadi kesobekan atau terdapat lobang-lobang yang sangat kecil sekalipun pada tutup dari lembaran plastic tersebut maka beberapa spesies khamir aerobik akan tumbuh.

Dengan teknik penutupan yang konvensional, pertumbuhan khamir aerobik pembentukan film selalu terjadi persoalan oleh karena apabila lapisan film yang terbentuk yang dihasilkan akan mempunyai cita-rasa khamir. Selain pembentukan film, terdapat spesies khamir aerobik khusus, yaitu *Pichia membranaefasines* yang dengan lahap mengoksidasi asam laktat yang terdapat dalam larutan garam. Selain itu, kemungkinan juga terdapat berbagai spesies khamir aerobik lainnya yang ikut berperan baik untuk mengoksidasi asam laktat ataupun untuk membentuk cita rasa khamir.

Setelah bak atau tangki fermentasi diisi dengan rajangan-rajangan kubis beragam dan ditutup rapat, larutan garam segera terbentuk dan fermentasi oleh spesies-spesies bakteri asam laktat segera berlangsung dengan berurutan secara alami. Senyawa-senyawa kimia tertentu yang terekstrak dari protoplasma sel kubis membantu menghambat pertumbuhan dan beberapa diantaranya bahkan dapat membunuh spesies-spesies anaerobik dari bakterio gram-negatif yang terdapat pada kubis. Senyawa-senyawa kimia tersebut belum banyak dikenal dan konsentrasinya sangat bervariasi, akan tetapi pengaruhnya sangat nyata dan menguntungkan.

KERUSAKAN SAUERKRAUT

Cacat yang paling sering terjadi dan menimbulkan permasalahan pada sauerkraut adalah cacat warna yang dikenal secara umum dengan istilah sauerkraut jingga oleh karena terjadinya perubahan warna (diskolorasi) dari sauerkraut menjadi jingga. Hal ini pertama kali observasi pada tahun 1904, akan tetapi baru pada tahun 1992 diketahui bahwa penyebabnya adalah pertumbuhan khamir berpigmen.

Studi-studi selanjutnya menunjukkan bahwa perubahan warna (diskolorasi) ini terjadi akibat penggunaan garam yang terlalu banyak sehingga menghambat pertumbuhan

bakteri asam laktat heterofermentatif dan menyebabkan fermentasi yang normal tidak dapat berlangsung. Pada umumnya, sauerkraut jingga mempunyai kandungan garam jauh lebih tinggi dari 2,5%. Selain konsentrasi garam yang secara abnormal terlalu tinggi, terjadi hal ini kemungkinan juga dipengaruhi oleh temperatur fermentasi atau kealpaan membersihkan dinding bak atau tangki fermentasi sebelum dipakai ulang sehingga pertumbuhan bakteri asam laktat homofermentatif dominan selama fermentasi,

Kadang-kadang sauerkraut jingga ditemukan dalam bak atau tangki fermentasi berdekatan dengan lokasi dimana juga terdapat sauerkraut lemak. Terbentuknya sauerkraut lemak adalah akibat konsentrasi garam yang secara abnormal terlalu rendah. Kondisi ini, dimana sauerkraut jingga dan sauerkraut lemak terbentuk berdekatan sering berkorelasi dengan distribusi garam yang tidak merata. Dalam banyak hal, sauerkraut lemak terbentuk dalam bak sedangkan sauerkraut jingga terbentuk dipinggir dari lokasi tersebut.

Secara teoritis dijelaskan bahwa pada lokasi dimana kubis tanpa rajangan dituangkan ke dalam bak atau tangki fermentasi tanpa diaduk terjadi kompresi oleh berat kubis rajangan tersebut sehingga memaksa larutan garam pekat yang baru terbentuk menjauh dari bagian tengah ke bagian pinggir dari lokasi tersebut, hal ini mengakibatkan pada bagian tengahnya terbentuk sauerkraut lemak oleh konsentrasi garam yang tinggi. Namun demikian pelunakan sauerkraut juga terjadi pada bagian pinggir dan dasar bak atau tangki fermentasi yang konsentrasinya tinggi. Terjadinya hal ini kemungkinan disebabkan kegagalan berlangsungnya fermentasi secara normal akibat konsentrasi garam yang terlalu tinggi.

Selanjutnya dilaporkan bahwa pembentukan warna merah yang berasal dari pigmen yang dihasilkan oleh *Lactobacillus brevis* juga dapat terjadi pada sauerkraut pada kondisi-kondisi tertentu yang mana pembentukan warna merah ini hanya dapat berlangsung antara pH 4,4 dan pH 5,2 terutama pada kondisi aerobik. Oleh karena itu pH sauerkraut pada umumnya lebih rendah dari 3,5, hal ini jarang sekali terjadi dan menimbulkan permasalahan pada industri-industri fermentasi sauerkraut. Selain itu agen pereduksi kimia seperti asam askorbat, sistein atau glutathion dapat menghambat pembentukan warna merah ini. Namun demikian, apabila kubis rajangan tercerna dengan alkali selama penggaraman, pembentukan warna merah ini dengan mudah dapat

berlangsung pada sauerkraut. Dilaporkan lebih lanjut bahwa pigmen merah ini tidak stabil. Setelah beberapa lama, warna merah akan berubah menjadi warna coklat dan kemungkinan berkaitan dengan warna abu-abu yang juga sering ditemukan pada sauerkraut

Perubahan warna (diskolorasi) lain yang ditemukan pada sauerkraut adalah penyuraman setelah sauerkraut dikeluarkan dari bak atau tangki fermentasi dan diekspor keudara. Hal ini pada umumnya ditandai dengan bau lumut atau bau apek yang spesifik sebelum sauerkraut dikeluarkan dari bak atau tangki fermentasi dan sementara warnanya masih cerah. Penyebab terjadinya hal ini sangat kompleks dan belum dapat dijelaskan secara rinci. Terdapat kemungkinan bahwa dalam hal ini terlihat perubahan-perubahan fisiologis yang terjadi pada kubis sebelum difermentasi. Beberapa hasil studi menunjukkan bahwa terjadinya hal ini kemungkinan berkorelasi dengan kondisi lingkungan dari pertumbuhan dari kubis yang mana dilaporkan bahwa sauerkraut suram diperoleh dari kubis yang ditanam pada tanah paya yang kaya akan nitrogen, tetapi kekurangan kalium.

Selanjutnya, dilaporkan bahwa penyuraman warna pada sauerkraut kemungkinan juga berkorelasi dengan pertumbuhan bakteri gram-negatif tertentu, yang mana sauerkraut yang terkontaminasi berat dengan bakteri ini menurunkan potensi oksidasi-oksidasi. Oleh karena tanah paya yang kaya akan nitrogen tetapi kekurangan kalium menghasilkan kubis berdaun hijau dengan kepala longgar yang secara alami mempunyai total jumlah bakteri gram negatif yang tinggi, kondisi tanah yang demikian berperan terhadap aktivitas bakteri tersebut dalam menyebabkan terjadinya penyuraman sauerkraut. Telah diketahui secara umum bahwa beberapa bakteri gram –negatif yang terdapat pada tanah, khususnya *Pseudomonas fluorescens* dapat menghasilkan pigmen hijau berfluoresensi yang kemudian berubah menjadi warna suram.

Teori ini menjelaskan bahwa terjadinya penyuraman warna pada sauerkraut terutama sekali tergantung pada reaksi-reaksi yang membentuk melanoidin dan desktruksi asam askorbat yang membentuk dengan asam-asam amino. Selain itu, kemungkinan terdapat peranan yang lebih kecil dari oksidasi polifenol.

E. PRODUK SAYUR-SAYURAN FERMENTASI LAIN-LAIN

Selain dari sayur-sayuran seperti yang telah disebutkan diatas (kubis dan mentimun), berbagai jenis sayur-sayuran lainnya juga digunakan untuk fermentasi. Terdapat kemungkinan bahwa pada jaman dahulu telah banyak sayur-sayuran yang diawetkan dengan perendaman dalam larutan garam dan fermentasi. Sayur-sayuran yang disebutkan dalam kepustakaan telah digunakan untuk fermentasi termasuk wortel, bunga kol, seledri, jagung, tomat hijau, bawang, cabe, slada, lobak, buncis, kapri dan lain-lain. Sebagian dari produk fermentasi sayur-sayuran ini diperdagangkan dengan cara eceran seperti bunga kol, bawang, wortel, dan seledri. Selain itu beberapa produk fermentasi sayur-sayuran ini dibuat hanya dirumah tangga atau paling banyak untuk konsumsi regional.

Teknik penggaraman untuk pengawetan berbagai jenis sayur-sayuran dilakukan dengan penggaraman kering atau perendaman dalam larutan garam. Dalam hal ini konsentrasi garam yang digunakan bervariasi 10° salometer sampai dengan 60° salometer atau lebih. Pada produk yang dibuat dengan menggunakan fermentasi asam laktat, sedangkan pada konsentrasi garam yang lebih tinggi sampai dengan 60° salometer atau lebih, asam laktat tidak dapat lagi berbentuk, akan tetapi asam asetat mungkin ditemukan apabila terdapat khamir pembentuk asam. Pengawetan sayur-sayuran daun lebih banyak dilakukan dengan penggaraman kering seperti pada pembuatan sauerkraut, sedangkan pengawetan sayur-sayuran buah, sayur-sayuran umbi dan sayur-sayuran berbiji lebih banyak dilakukan dengan perendaman dalam larutan garam.

Pada umumnya berbagai jenis komoditas sayur-sayuran dalam pembahasan ini difermentasi pada konsentrasi garam 12,5° salometer sampai dengan 20° salometer. Apabila demikian urutan pertumbuhan bakteri asam laktat sama seperti pada fermentasi klasik sauerkraut yang dimulai oleh *Leuconostoc mesenteroides*. Pada konsentrasi garam yang lebih tinggi sampai sekitar 40° salometer, urutan tersebut condong ke pengembangan homofermentasi yang didominasi oleh *Lactobacillus plantarum*. Pada konsentrasi garam tertinggi (sekitar 60° salometer), fermentasi asam laktat tidak dapat berlangsung dan jika terdapat asam, asam tersebut adalah asam asetat yang kemungkinan diproduksi oleh khamir pembentuk asam yang masih dapat aktif pada konsentrasi garam ini.

1. Kimichi Korea

Apabila dunia barat mempunyai sauerkraut dan pickel korea juga mempunyai produk sayur-sayuran fermentasi yang sangat mirip yang disebut Kimchi. Kimchi adalah nama umum yang diberikan pada produk sayur-sayuran fermentasi asam laktat yang sudah merupakan tradisi yang sangat lama di korea. Sebenarnya nama-nama lain yang lebih spesifik digunakan untuk produk ini tergantung dari bahan baku metode pengolahan, musim dan lokasi. Sebagai contoh Tongbacchu-kimchi; Kakduggi, Dongchimi, Chonggak0kimichi, Seokbakji, Yeohmu-kimchi, dan Hootsanji menggunakan bahan baku lobak Korea; dan Oisobaago dan Oiji menggunakan ketimun.

Metode Pembuatan

Pada umumnya, kebanyakan kimchi dibuat pada skala rumah tangga. Hanya sebagian kecil kimchi yang menggunakan bahan baku kubis dikalengkan dipabrik dan diperdagangkan dipasar. Pembuatan kimchi pada tingkay rumah tangga hanya memerlukan ember untuk pencucian dan penggaraman, keranjang untuk penirisan dan kendi atau stoples untuk fermentasi.

Bahan-vahan untuk pembuatan kimchi terdiri dari sayur-sayuran segar, jeotkal (pickel ikan korea), ikan segar dan bahan-bahan penyedap. Sayur-sayuran yang digunakan adalah; kubis kore adan lobak sebagai substrat utama; garlic, bawang hijau, jahe, daun *mustard*, cabe rawit, *parsley pear*, buah berangan dan wortel sebagai *ingrediean minor*; *saeujeot*(pickel udang), *moel chijeot* (pickel anchoy), whansegijeot, *pollack* beku, kerang, udang, dan octopus kecil sebagai ingredient minor tambahan; dan garam meja, biji wijen, gula monosodium glutamate, *chenggak* (sejenis rumput laut), dan lain-lain penyedap.

Perbandingan antara substrat utama dengan ingredient minor bervariasi, tergantung pada pembuatnya, akan tetapi, pada umumnya berkisar antara 70 sampai dengan 90 berbanding 30 sampai dengan 10. Sebagai contoh resep untuk tongbaechu-kimchi terdiri dari : 100 gr kubis korea, 2 gr garlic, 2 gr bawang hijau, 2 gr tepung cabe rawit dan 0,5 gr jahe. Diagram alir untuk pembuatan kimchi dapat dilihat pada gambar berikut

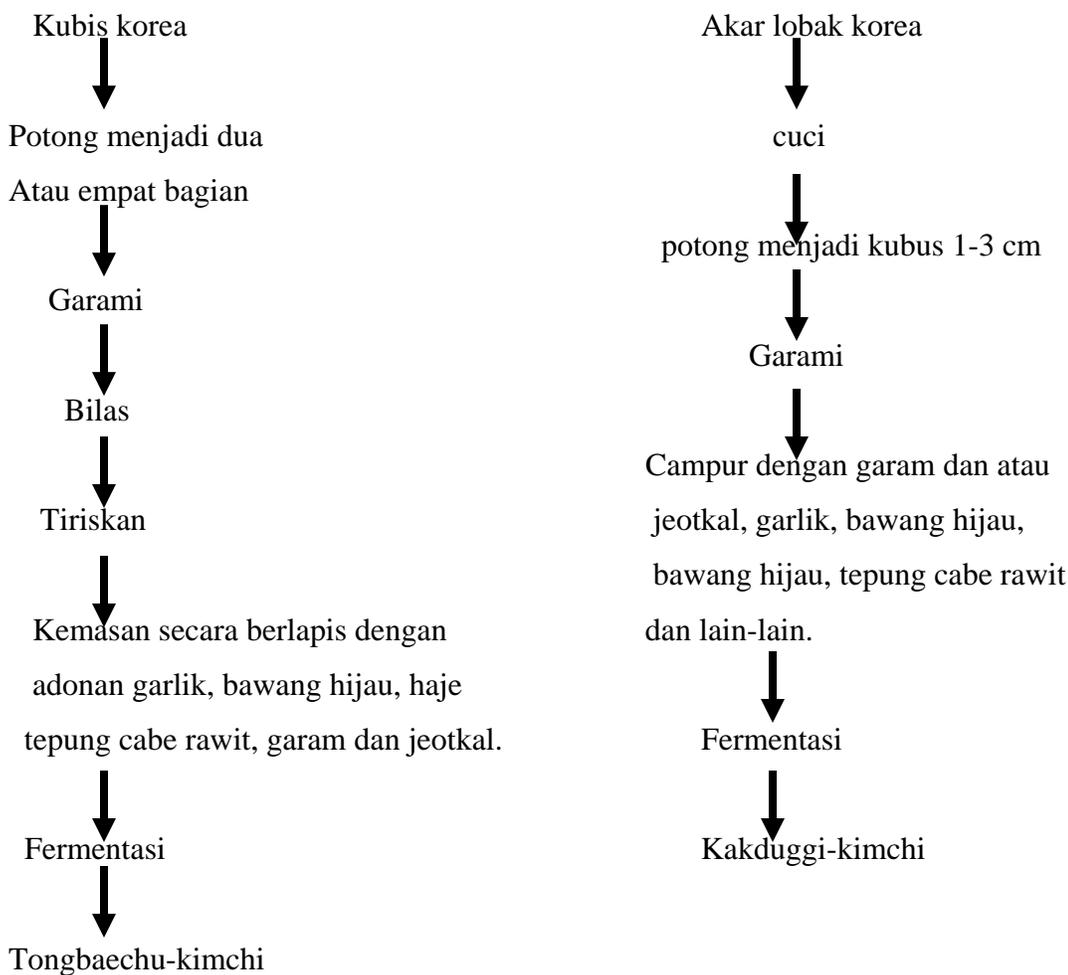


Diagram alir: pembuatan produk michi korea

(sumber ; Steinkraus, 1993).

Meskipun kombinasi yang tepat dari ingredient minor merupakan kunci dari kelezatan kimchi, faktor yang paling penting kelihatannya adalah konsentrasi garam. Penggaraman kubis dapat dilakukan pada konsentrasi garam 5%-7% selama 12 jam atau dengan larutan garam berkonsentrasi 15% selama 3-7 jam, dan diikuti dengan pembilasan dan penirisan. Konsentrasi garam optimum selama fermentasi kimchi adalah sekitar 3% yang biasanya diatur berdasarkan pengalaman pada tingkat rumah tangga.

Fermentasi kimchi di rumah tangga pada umumnya dilakukan pada suhu kamar, akan tetapi suhu yang lebih rendah (10°C) lebih disukai dari pada suhu diatas 20°C. Lama fermentasi tergantung pada konsentrasi garam dan suhu inkubasi. Dengan konsentrasi

garam 3% lama fermentasi yang optimum adalah satu hari pada suhu 30°C, 2 hari sampai dengan 3 hari pada suhu 20°C, 12 hari sampai dengan 15 hari pada suhu 10°C, dan 30 hari sampai dengan 60 hari pada suhu 5°C. Keasaman yang optimum dari kimchi adalah 0.4% sampai dengan 0,8% asam laktat dan keasaman yang lebih tinggi menyebabkan kurang disukai.

Komposisi Mikroba

Mikroorganisme yang telah diisolasi dari kimchi terdiri dari bakteri asam laktat seperti *Leunconostoc mesenteroide*, *Streptococcus faecalis*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*, dan bakteri aerobik, seperti spesies dari *Achromobacter*, *Flavobacterium*, dan *Pseudomonas*. Pada stadium lebih lanjut dari fermentasi kimchi, muncul kapang dan khamir yang kemungkinan menyebabkan penglunakan.

Nilai gizi

Hasil analisa komponen-komponen gizi dari berbagai jenis kimchi dapat dilihat pada table 6.1. Nilai gizi dari kimchi ditekankan pada kandungan vitaminyanya. Kandungan-kandungan vitamin-vitamin B1, B2, B12 dan niasin mencapai nilai konsentrasi tertinggi (sekitar dua kali konsentrasin awal) apabila kimchi mempunyai rasa yang paling lezat dan menurun apabila kimchi menjadi terlalu asam. Kandungan vitamin C dan karoten menurun selama proses fermentasi berlangsung.

Pengawetan

Produk komersial dari kimchi memerlukan pemecahan masalah pengawetan jangka panjang pada suhu kamar, Pembusukan yangb terjadi pada kimichi adalah ketengikan dan penglunakan yang dipercepat oleh aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan pada temperature yang meningkat sehingga masa simpan kimchi pada musim panas sangat singkat. Untuk mencegah terjadinya ketengikan dan penglunakan serta mempertahankan aroma, cita-rasa dan tekstur yang unik dari kimchi hanya dapat dilakukan dengan pendinginan dibawah 5°C. Usaha-usaha untuk memperjang masa simpan kimchi dengan

cara pengawetan lain seperti penambahan bahan pengawet, pasteurisasi dan radiasi belum memberikan hasil yang memuaskan.

Tabel .1. Komposisi zat gizi berbagai jenis kimichi

Komponen	Tong baechu- kimichi	Kakduggi	Dongchimi	Mootsanji
		(per 100 gr porsi edible)		
Protein (gr)	2,0	2,7	0,7	2,7
Lemak (gr)	0,6	0,8	0,2	0,7
Gula (gr)	1,3	3,2	1,1	2,4
Kilokalori	9,1	31,0	9,0	27,0
Kalsium (mgr)	28,0	5,0	1,0	3,0
Vitamin B1 (mgr)	0,03	0,03	0,01	0,04
Vitamin B2 (mgr)	0,06	0,06	0,03	0,07
Niacin (mgr)	2,1	5,8	10,0	3,3
Vitamin C (mgr)	12,0	10,0	7,0	19,0
Vitamin B 12 : 1,03 mgr – 1,52 mgr 1100 gr kimchi				

Sumber : Steinkraus, 1983.

2. Pak-Sian-Dong Thailand

Pak-sian-dog adalah suatu pickel sayur-sayuran daun yang sangat terkenal di Thailand dengan cara pembuatan yang sederhana. Sayur-sayuran segar yang dicuci bersih dengan air dan kemudian ditebarkan di udara terbuka atau dijemur disinari matahari sampai layu dengan sempurna. Selanjutnya sayuran tersebut dimasukkan kedalam wadah lalu dicampur dengan air, garam dan gula yang ditutup rapat. Untuk 1 kg sayuran ditambahkan sekitar 50 gr garam 60 gr gula dan 1 liter air. Apabila diperlukan untuk mengurangi rasa pahit sayuran tersebut direndam air atau larutan garam selama satu malam; setelah air perendamannya dibuang, ditambahkan air segar, gula dan garam tersebut diatas. Dalam hal ini penggunaan gula tebu dan gula merah lebih disukai dari pada gula pasir oleh karena dapat meningkatkan cita-rasa dari produk akhir.

Pada umumnya, proses fermentasinya berlangsung secara alami pada suhu kamar selama 2 sampai dengan 3 hari. Pada stadium akhir larutan perendamannya mempunyai pH sekitar 3,90 dengan keasaman berkisar 0,7% dan 0,8% asam laktat. Evaluasi mikrobiologi menunjukkan bahwa galur-galur heterofermentatif dan homofermentatif dari laktobasili terdapat pada pak-sian-dog. Spesies-spesie bakteri asam laktat yang telah diisolasi pak-sian-dog adalah *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus buchneri* dan *Lactobacillus fermentum*.

Produk-produk sayuran fermentasi lain jenis pak-sian-dog adalah Naw-mai-dong (rebung fermentasi) dan Hom-dong (bawang merah fermentasi). Mikroorganisme yang berperan pada fermentasi kedua jenis produk ini sama seperti pada fermentasi sayur-sayuran beragam secara universal. Spesies-spesies bakteri asam laktat yang telah diisolasi dari Naw-mai-dong dan Hom-dong adalah *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus buchneri* dan *Lactobacillus fermentum*. Diagram alir dari fermentasi pak-sian-dong, Naw-mai-dong dan Hom-dong dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



Diagram alir : Fermentasi pak-sian dog Thailand
(Sumber : Steinkraus, 1983).



Diagram alir : Fermentasi Naw-mai-dog Thailand
(Sumber : Steinkraus, 1983).

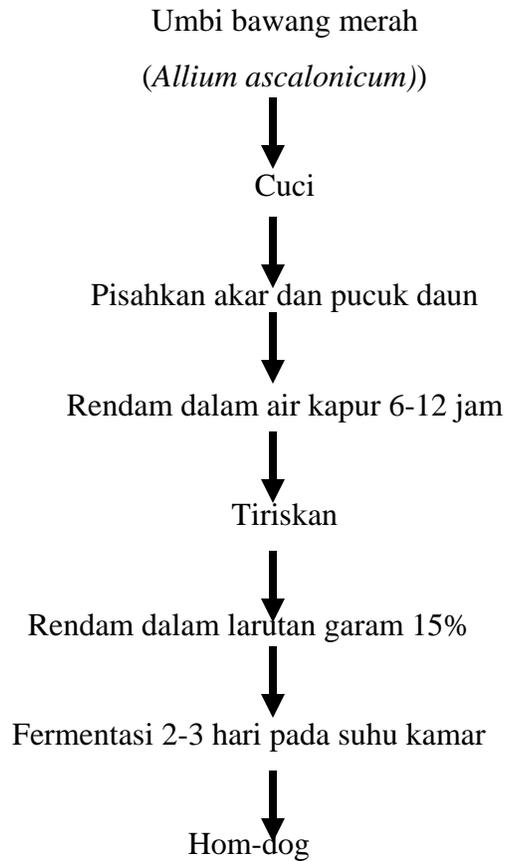


Diagram alir : Fermentasi Hom-dog Thailand
(Sumber : Steinkraus, 1983).

3. Hum-Choy Cina

Hum choy adalah sauerkraut cina yang telah diproduksi oleh orang-orang Hakka dari bagian selatan Cina selama berabad-abad dengan cara yang sangat sederhana. Suatu jenis sayuran local cina yang disebut gai-choy atau kubis cina dipanen, dicuci bersih dan ditiriskan. Kemudian keseluruhan daun dilapisi secara sempurna dengan kristal garam kasar, ditempatkan pada rak-rak untuk dikeringkan secara parsial dengan penejmur, lalu dimasukkan kedalam guci tanag-liat yang besar.

Selanjutnya air beras yang diperoleh setelah pencucian beras dimasak dituangkan kedalam guci tersebut sampai seluruh daun kubis terendam secara sempurna dan tidak ada ruang yang tersisa apabila guci ditutup rapat. Gelembung udara yang mungkin

terbentuk dipisahkan dengan pengadukan . Guci tersebut disimpan dibagian yang terdingin dirumah tangga dimana suhu ruang berkisar antara 24°C sampai dengan 28 °C. dalam hal ini suhu dalam guci sedikit lebih rendah oleh karena terjadinya penguapan permukaan air yang keluar melalui pori-pori pada guci tersebut. Pada akhirnya sayuran tersebut berubah menjadi kuning kehijauan gelap dan lunak. Produk hum-choy dicuci untuk memisahkan garam dan asam yang tidak terserap sebelum ditambahkan ke sup, daging atau ikan.

Pada pembuatan hum coy fermentasi anaerobic berlangsung dengan sempurna dalam waktu 4 hari akan tetapi, produk masih tetap akseptabel selama 2 bulan apabila tutupnya dibuka. Setelah tutupnya dibuka masa simpa hum coy hanya sekitar 2 minggu. Pembusukan hum coy terjadi pada kondisi arobik apabila air beras tidak cukup untuk merendam seluruh permukaan sayuran tersebut selama fermentasi atau apabila tidak tertutup rapat. Sekarang gum choy diproduksi pada skala komersial dengan menggunakan vinager dan bahan-bahan pengawet kimia lainnya untuk memperpanjang masa simpannya.

4. Pikel Malaysia

Di Malaysia pikel yang secara local disebut “jeruk” adalah produksi fermentasi sayur-sayuran atau buah-buahan produksi rumah tangga. Pikel sayur dan buah yang paling umum dibuat secara sederhana dengan perendaman dalam larutan garan dimana berlangsung fermentasi bakteri asam laktat. Pada umumnya pikel dibuat dari buah-buahan atau sayur-sayuran yang terlalu asam atau mempunyai cita-rasa yang terlalu tajam untuk dimakan segar atau produksinya berlimpah pada musim panen. Untuk keperluan komersial pikel dikemas dalam botol atau kantung palstik fleksibel.

Berbagai jenis buah dan sayur-sayuran di Malaysia digunakan untuk pembuatan pikel, tergantung pada musim dan ketersediaannya. Sayur-sayuran yang paling umum digunakan antara lain adalah ketimun kerdil dan ketimun (*Cucumis sativus*), jahe (*Zingiber zerumbet*), bawang (*Alium ascoloricum*), rebung bakung (*Allium sp*), cabe (*Capsium annum*), rebung bamboo (*Bambusa glaucescens*), dan sayur-sayuran daun tropis seperti daun “mustard” (*Brassica sp*). Buah-buahan muda yang umum dipikkel adalah mangga muda (*Mangifera sp*), papaya muda (*Carica papaya*), kedondong muda

(*Spondian cytherea*), belimbing muda (*avenrrhoa bilimbi*), Nenas muda (*Ananas sp*) cermai (*Eguinia muschill*), pala muda (*Myristica fragrance* dan jeruk limau (*Citrus aurantifolia*).

Diagram alir untuk fermentasi pikel sayur-sayuran daun pikel ketimun serta sayur-sayuran dan buah-buahan sejenis dapat dilihat pada gambar 6.5 dan 6.6 . Pada semua fermentasi tersebut penggaraman dilakukan dengan menggunakan kristal garam atau dengan merendam dalam larutan garam. Selain itu gula dan karbohidrat lain asam asetat atau vinegar encer bahan-bahan pengeras, pewarna dan pemucat serta rempah-rempah juga ditambahkan.

Pada pembuatan pikel ini berlangsung fermentasi bakteri asam laktat. Dalam hali ini spesies-spesies dari *Leuconostoc Lactobacillus*, *Prediococcus* dan *Streptococcus* telah berhasil diisolasi dari ketimun dan daun “mustard” (kiamchye). Bakteri lain dari khamir yang terdapat mungkin mempunyai peranan minor, atau jikalau dibiarkan tumbuh berlebihan kemungkinan menyebabkan pembusukan. Meskipun pembuatan pikel kelihatan merupakan proses penggaraman yang sederhana, produk pikel dengan mutu yang konsisten tidak dapat dihasilkan tanpa control. Dalam hal ini mutu baku yang digunakan sering bervariasi lamanya fermentasi bervariasi dari beberapa jam sampai dengan beberapa minggu dan temperature fermentasi sangat tergantung pada iklim tropis. Selain itu fermentasi berlangsung pada kondisi mikroarofilik untuk buah-buahan sampai engan total anaerobic untuk sayur-sayuran daun. Permasalahan yang paling sering terjadi pada produk-produk pikel di Malaysia adalah penglunakan. Pada fermentasi ketimun pada skala laboratorium total keasaman sekitar 0,6 asam laktat dengan penurunan pH sekitar pH 3,5 dicapai dalam waktu 2 minggu. Sedangkan pada fermentasi sayur-sayuran daun, hal yang sama tercapai dalam waktu sekitar 8 hari.

5. Pikel Mesir

Pikel sayur-sayuran baik yang dibuat secara individu dirumah tangga maupun yang diproduksi oleh industri-industri kecil sangat populer di Mesir. Teknologi pmbatan pikel telah dikenal di mesir selama abad-abad sebagai suatu cara pengawetan sayur-sayuran yang paling mudah. Metode pembuatan pikkel yang dilakukan sangat sederhana dan bervariasi oleh karena pengrajin-pengrajin pikel pada umumnya menggunakan

metode yang diturunkan dari nenek moyang mereka dan metode ilmiah untuk perbaikan proses belum dilakukan. Diantara sayur-sayuran yang banyak digunakan untuk pembuatan pikel di Mesir adalah wortel, ketimun, lobak, bunga kol, zaitun hijau, dan hitam, bawang serta lada pedas dan lada manis.

Metode Pembuatan

Kendi-kendi tanah liat atau tong-tong kayu besar digunakan untuk pemikelan dalam larutan garam segar atau tua dengan menggunakan garam meja Rashidi kasar. Larutan garam tua berperan sebagai starter oleh karena mengandung sejumlah besar bakteri asam laktat yang dapat menghasilkan produk dengan mutu yang lebih baik serta mempersingkat waktu fermentasi. Konsentrasi awal larutan garam yang digunakan untuk pemikelan dan waktu minimum untuk penggaraman setiap sayuran bervariasi. Pemikelan wortel memerlukan waktu 3 minggu yang dimulai dengan larutan garam segar yang mengandung 15% garam. Setelah satu minggu, konsentrasi garam dari larutan garam tersebut turun menjadi 9% dan oleh karena itu harus dilakukan penambahan garam untuk menggantikan garam yang diabsorpsi wortel. Pada akhir minggu kedua wortel tersebut dipindahkan ke dalam air segar selama satu minggu. Konsentrasi akhir dari garam pada wortel adalah sekitar 4%.

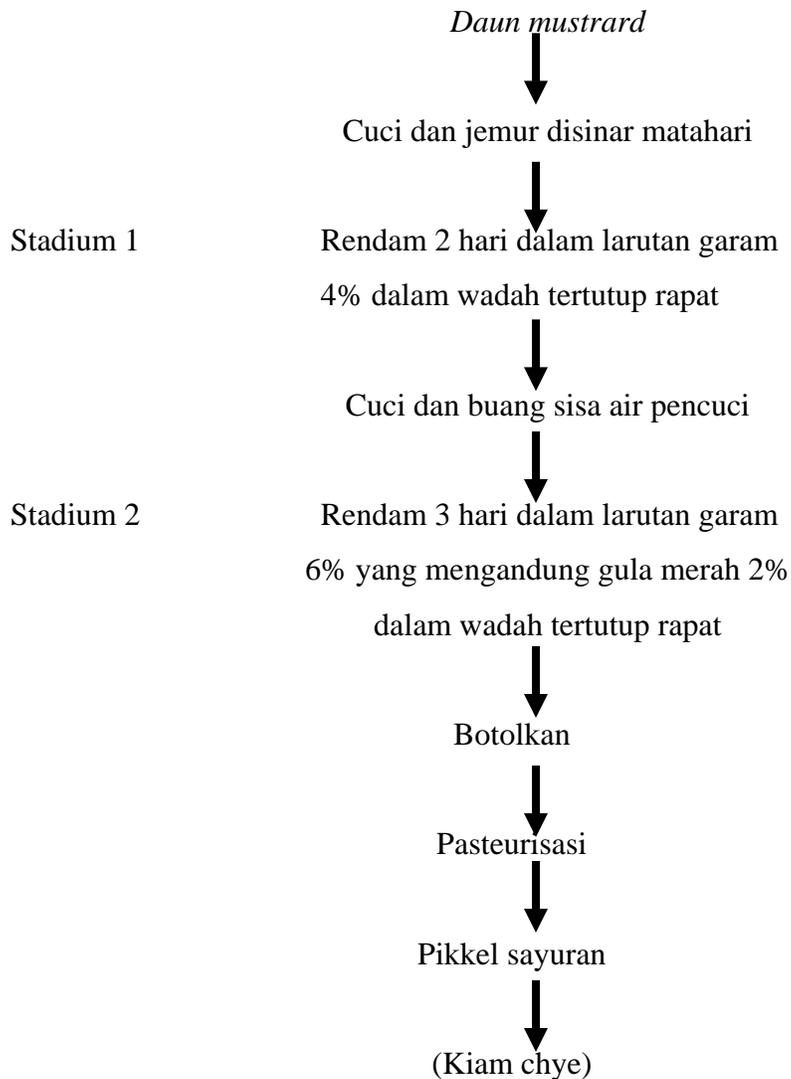


Diagram alir : Fermentasi pikkel daun”Mustard” Malaysia
(Sumber : Steinkraus, 1983).

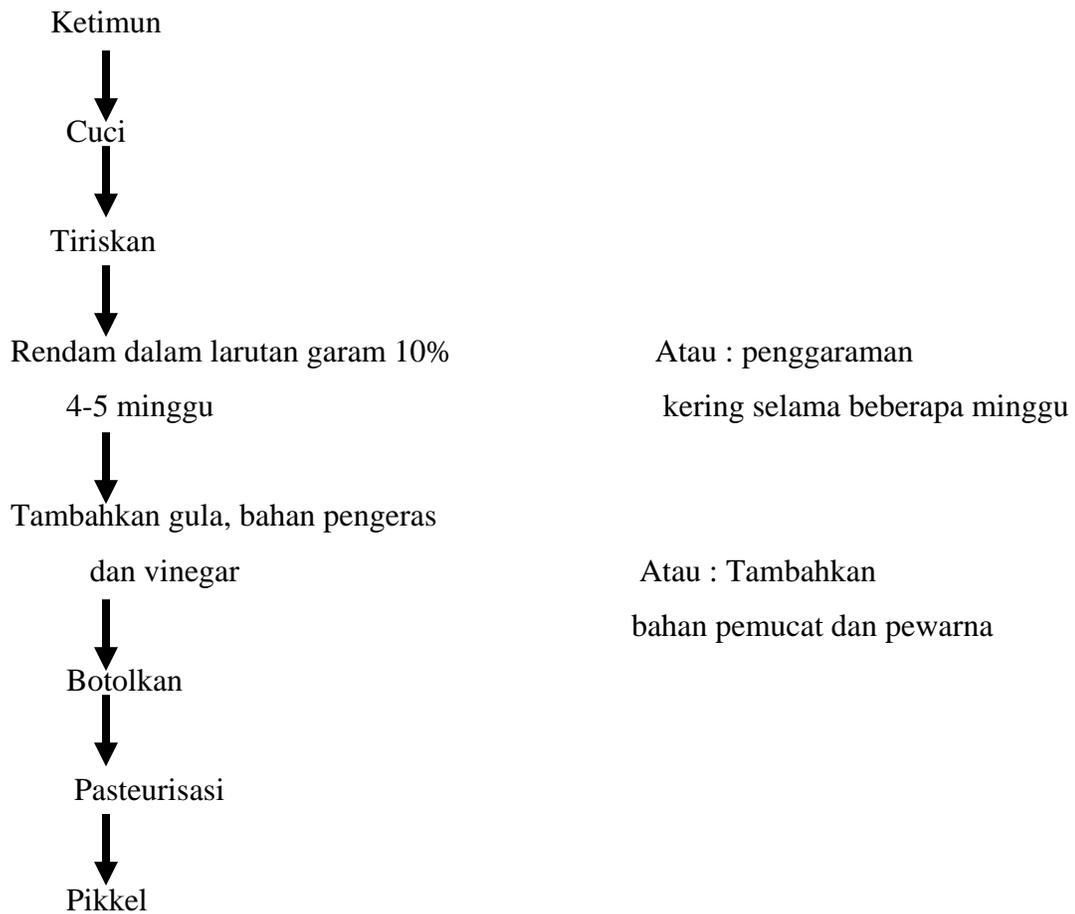


Diagram alir : Fermentasi pickel daun ketimun Malaysia
(Sumber : Steinkraus, 1983).

Lobak direndam dalam larutan garam yang mengandung 9,5% garam selama satu minggu, kemudian dikeluarkan dari larutan garam tersebut dibilas dan direndam dalam larutan yang baru yang mengandung 4% piksel garam selama 2 minggu. Zaitun hijau piksel dalam larutan garam jenuh selama 4 minggu, dikeluarkan dibilasi, dan kemudian disimpan dalam larutan garam yang mengandung 12% garam.

Lada direndam mula-mula dalam larutan garam segar yang mengandung sebanyak 4% garam selama satu minggu. Selama perendam dilakukan penambahan garam sehingga pada akhir minggu kedua, konsentrasi garam dari larutan tersebut sekitar 5,5%. Pada saat tersebut, lada dikeluarkan, dibilas dan direndam lagi dalam larutan garam pekat yang

mengandung 25% garam selama 2 minggu. Kemudian lada dikeluarkan dari larutan garam yang mengandung 5% grama selama seminggu.

Pemikelan ketimun dimesir dilakukan dengan berbagai metode. Pada pabrik pemikelan komersial, ketimun dicuci, ditusuk, dengan jarum besar untuk mempermudah penetrasi garam dan dimasukkan kedalam tangki kayu besar berisi larutan garam. Kosentrasi awal garam dari larutan garam yang digunakan pada umumnya berkisar antara 10% sampai dengan 15%. Konsentrasi garam yang lebih tinggi memperlama waktu fermentasi. Dalam larutan garam yang mengandung 15% ketimun dapat disimpan selama satu bulan sebelum, penjualan, sedangkan larutan garam berkonsentrasi 10% garam menghasilkan piket dalam waktu 10 hari. Selanjutnya ketimun fermentasi tersebut dipindahkan ke dalam air segar untuk tahap akhir proses penggaraman. Dalam hal ini. Larutan garam bekas penggaraman sebelumnya digunakan sebagai starter pada penggaraman berikutnya untuk mempercepat fermentasi dalam memenuhi permintaan.

Perubahan-Perubahan Mikrobiologi

Pada percobaan fermentasi ketimun skala kecil yang mensimulasikan kondisi fermentasi ketimun secara komersial ditemukan bahwa galur *Leuconostoc mesenteroides* bukan pembentuk lender-lendir merupakan mikroorganisme yang pada permulannya didominasi. Kemudian diikuti oleh laktobasilli heterofermentatif, *Lactobacillus fermentum* serta *Laktobasilli homofermentatif*, *Lactobacillus plantarum*.

Identifikasi spesies asam laktat yang dominant pada fermentasi ketimun yang menggunakan starter larutan garam bekas (Tabel 6.2) menunjukkan bahwa hanya *Leuconostoc mesenteroides* dan *Lactobacillus plantarum* yang terdapat pada permulaannya. Dari hari kedua sampai dengan hari keenam, hanya *Lactobacillus plantarum* yang masih aktif, sedangkan *Pediococcus cerevesiae* dan *Lactobacillus brevis* baru muncul pada stadium akhirfermentasi ketimun tersebut.

Pada percobaan yang sama dengan menggunakan wortel kecil, total populasi mikroba meningkat secara drastic mencapai maksimum (5×10^8 sel per ml) pada fermentasi hari ke-9. Total populasi bakteri asam laktat sangat rendah (6×10^2 sel per ml) pada fermentasi pertama. Akan tetapi, stadium lag awal, terjadi peningkatan yang sangat cepat dari fermentasi hari ke-15. Total populasi bakteri lain selain bakteri asam laktat

menunjukkan sedikit peningkatan (sekitar 1,5 siklus log) selama 27 hari pada periode fermentasi. Total populasi khamir meningkatkan secara progressif dari 3×10^3 sel per ml pada hari ketiga menjadi 5×10^7 sel per ml pada akhir fermentasi. Dapat disimpulkan bahwa fermentasi wortel selesai dengan sempurna dalam waktu 15 hari pada stadium mana karakteristik organoleptik dengan tekstur renyah dan warna kuning kehijauan paling disukai.

Tabel .2. Komposisi spesies-spesies bakteri asam laktat yang dominant selama fermentasi pickel ketimun dengan menggunakan starter larutan garam bekas.

Waktu (hari)	<i>L. mesenteroides</i> (%)	<i>P. cerevesiae</i> (%)	<i>L. plantarum</i> (%)	<i>L. brevis</i> (%)
0	33	-	67	-
2	-	-	100	-
3	-	-	100	-
4	-	-	100	-
5	-	-	100	-
6	-	-	100	-
8	-	13	87	-
11	-	17	33	50
15	-	25	37	38
20	-	-	50	50

Sumber : Steinkraus, 1983.

Perubahan-perubahan Kimia

Pada fermentasi pickel wortel, total keasaman dalam larutan progressif selama hari-hari pertama fermentasi, Keasaman maksimum 1,03% asam laktat dengan nilai pH 3,0 dicapai pada hari ke-15. Kemudian, keasaman mulai menurun, mencapai 0,6% asam laktat dengan nilai pH 3,4 pada akhir periode fermentasi (27 hari).

Kandungan garam dari larutan garam sebesar 12% pada awal fermentasi menurun sampai dengan 10,5% setelah dua hari, kemudian menurun secara bertahap mencapai 7,8% pada hari ke-15 oleh karena osmosis. Selanjutnya konsentrasi garam meningkat selama 6 hari pertama periode fermentasi (0,05%) pada hari pertama meningkat menjadi

0,51% pada hari ke-6). Hal ini berkorelasi dengan penurunan kandungan karbohidrat dari wortel, selanjutnya sebagai akibat pertumbuhan mikroorganisme, kandungan gula pereduksi dalam larutan garam menurun secara bertahap mencapai 0,024% pada akhir periode fermentasi. Dengan menggunakan wortel besar, total keasaman dan kandungan gula pereduksi yang dicapai lebih tinggi daripada dengan menggunakan wortel berukuran kecil. Total keasaman ketimun yang difermentasi dengan menggunakan starter garam bekas meningkat mencapai 0,86% asam laktat menjelang hari ke 11- periode fermentasi, dan kemudian menurun secara bertahap oleh karena pemecahan asam-asam organik oleh mikroorganisme pembentuk asam laktat.

Perubahan-perubahan Nilai Gizi

Periode yang optimal untuk fermentasi wortel adalah 15 hari pada suhu 22°C. Selama periode ini sekitar 50% vitamin B1 dan 70% vitamin B2 dapat dipertahankan. Akan tetapi, biotin, karoten, dan vitamin C menguap dengan cepat dalam minggu pertama periode fermentasi.

Selain itu kehilangan yang besar dari protein, lemak karbohidrat juga terjadi selama proses fermentasi. Hal ini yang sama juga terjadi pada fermentasi ketimun dan lada. Dapat disimpulkan bahwa nilai gizi produk-produk sayuran (wortel, ketimun, dan lada) terfermentasi menurun dan memperpanjang periode fermentasi lebih 2 minggu mengakibatkan penurunan nilai gizi yang lebih drastis.