

Review

Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko

Alice Pramashinta¹, Listiyana Riska¹, Hadiyanto²

¹Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

¹Korespondensi dengan penulis (alicepramashinta@gmail.com).

Artikel ini dikirim pada tanggal 20 Agustus 2013 dan dinyatakan diterima tanggal 20 Januari 2014. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui www.journal.ift.or.id. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2014 (www.ift.or.id)

Abstrak

Genetic Engineering (rekayasa genetika) pangan adalah ilmu yang melibatkan modifikasi genetik tumbuhan dan hewan. Hal ini telah lama dipraktekkan oleh petani sejak awal sejarah yang telah dikembangkan menggunakan teknologi pada saat ini. Beberapa makanan yang dikonsumsi saat ini ada yang berasal dari modifikasi rekayasa genetik atau mengandung bahan yang telah mengalami modifikasi gen. Rekayasa genetik pangan memiliki beberapa manfaat, namun teknologi ini diikuti dengan berbagai kontroversi. Beberapa potensi resiko yang muncul dari rekayasa genetik pangan antara lain perubahan kualitas gizi makanan, potensi toksisitas, kemungkinan resistensi antibiotik dari tanaman GM, potensi alergenitas dan *carcinogenicity* karena mengkonsumsi makanan GM, pencemaran lingkungan, tidak sengaja transfer gen pada tanaman liar, adanya kemungkinan penciptaan racun dan virus baru, ancaman terhadap keragaman genetik tanaman, kontroversi agama, budaya, dan etika. Manfaat yang diberikan rekayasa genetika pangan adalah perbaikan masa simpan dan organoleptik sayuran dan buah, peningkatan kualitas gizi dan manfaat kesehatan dalam makanan, meningkatkan protein dan karbohidrat makanan, meningkatkan kualitas lemak, meningkatkan kualitas dan kuantitas daging, susu, dan ternak, meningkatkan hasil panen yang tahan terhadap serangga, hama, penyakit, dan cuaca. Dalam review ini akan dibahas mengenai sejarah perkembangan ilmu bioteknologi untuk pangan serta manfaat dan potensi risiko yang mungkin ditimbulkan dari penggunaan teknologi ini.

Kata kunci: bioteknologi, pangan, fermentasi, rekayasa genetik, DNA

Pendahuluan

Bioteknologi adalah semua aplikasi teknologi yang menggunakan sistem biologi, organisme hidup untuk membuat atau memodifikasi produk atau proses untuk kegunaan khusus (FAO, 2000). Menurut Habibi-Najafi (2006), bioteknologi pangan didefinisikan sebagai aplikasi teknik biologis untuk hasil tanaman pangan, hewan, dan mikroorganisme dengan tujuan meningkatkan sifat, kualitas, keamanan, dan kemudahan dalam pemrosesan dan produksi makanan. Hal ini termasuk proses produksi makanan tradisional seperti roti, asinan/ acar, dan keju yang memanfaatkan teknologi fermentasi (Uzogara, 2000). Aplikasi bioteknologi untuk makanan yang lebih modern adalah *Genetic Modification* (GM) yang diketahui sebagai teknik rekayasa genetik, manipulasi genetik dan teknologi gen atau teknologi rekombinan DNA.

Rekayasa genetik digambarkan sebagai ilmu dimana karakteristik suatu organisme yang sengaja dimodifikasi dengan manipulasi materi genetik, terutama DNA dan transformasi gen tertentu untuk menciptakan variasi yang baru. Dengan memanipulasi DNA dan memindahkannya dari satu organisme ke organisme lain (disebut teknik rekombinan DNA), memungkinkan untuk memasukkan sifat dari hampir semua organisme pada tanaman, bakteri, virus atau hewan. Organisme transgenik saat ini diproduksi secara massal, seperti enzim, antibodi monoklonal, nutrisi, hormon dan produk farmasi yaitu obat dan vaksin (Brown, 1996; Campbell, 1996).

Bioteknologi tanaman pangan melibatkan penggunaan mikroba atau bahan biologi untuk

melakukan proses spesifik pada tanaman untuk kepentingan manusia. Hal ini dilakukan dengan menciptakan species tanaman yang metabolismenya disesuaikan untuk menyediakan bahan baku sesuai dengan kualitas, fungsionalitas dan ketersediaannya. Akibatnya, banyak tanaman pangan yang secara genetik termodifikasi untuk berbagai tujuan. Banyak tanaman penting yang tumbuh dari benih hasil rekayasa genetik dengan kekebalan terhadap herbisida, virus, serangga dan penyakit. Bahan makanan dari tanaman rekayasa genetik (misalnya minyak, tepung, sirup, pewarna) telah digunakan di berbagai industri pangan (BIO, 1998). Lebih dari setengah makanan olahan di Amerika Serikat telah mengandung bahan hasil rekayasa genetik seperti kacang kedelai, jagung, kanola, kapas atau produk kentang (Wilkinson, 1997).

Dalam review ini akan dibahas mengenai sejarah perkembangan ilmu bioteknologi untuk pangan serta manfaat dan potensi risiko yang mungkin ditimbulkan dari penggunaan teknologi ini.

Sejarah Bioteknologi Pangan

Produksi makanan dengan proses mengubah bahan baku dari tanaman atau hewan telah dilakukan sejak dulu dengan menggunakan api. Sejarah produksi bioteknologi pangan dimulai dengan produksi makanan fermentasi seperti wine, roti atau keju. Baik pemanasan makanan dan aplikasi fermentasi menghasilkan peningkatan signifikan pada keamanan dan kualitas pangan (de Vos, 1999).

Tabel 1. Kronologi Bioteknologi Pangan (Hulse, 2004) :

Tahun	Peristiwa
Milenium ke-4	Orang Mesir mengembangkan penggilingan gabah, baking, membuat bir.
Milenium ke-3	Orang Mesir dan Sumeria pengawetkan susu, sayur dengan fermentasi asam.
Milenium pertama	Freeze-drying udara terbuka kentang oleh Andean Amerindians.
Abad ke-4	Aristotle mengklasifikasikan tanaman dan hewan. Theophrastus menulis "History of Plant" Linnaeus (Swedia) membuat formula taksonomi klasifikasi tanaman dan hewan.
Abad ke-18	Spallanzani (Italia) mensterilisasi makanan dan bahan organik dengan memanaskan dalam tangki kedap udara. Spallanzani mendemonstrasikan fertilisasi telur dengan spermatozoa. 1820. Braconot (Prancis) menghidrolisa gelatin untuk memproduksi glycine, daging, dan wool-leucine. 1840-50s. J. von Liebig mengenali protein, lemak, karbohidrat, dan berbagai mineral penting untuk nutrisi manusia dan hewan. 1854. Lawes & Gilbert (UK) mendemonstrasikan perbedaan nilai nutrisi antara tanaman berprotein yang diumpakan ke babi. 1825. F. B. Raspall menggunakan iodine sebagai pewarna untuk menampilkan distribusi pati dalam sel tanaman, dikenal sebagai bapak histo-chemistry. 1827. K. E. von Baer (Estonian) mendeskripsikan telur mamalia. 1830. Robert Brown (Scotland) mendeskripsikan nukleus sel tanaman. 1860s. Louis Pasteur (French) membuktikan bahwa mikroba adalah penyebab bukan hasil dari fermentasi dari barang yang telah busuk. 1866. Gregor Mendel mengidentifikasi sifat yang diwariskan dari varietas kacang polong yang berbeda. Hasil penemuan Mendel ditolak sampai ditemukan lagi oleh peneliti Amerika pada 1900. 1883. Johann Kjeldahl (Netherland), menemukan metode analisa nitrogen dalam protein. Pengakuan teori Mendel tentang penurunan sifat pada semua tanaman dan hewan.
Abad ke-19	1980/90s. Rockefeller Foundation dan International Rice Research Institute menemukan cara transgenik untuk mentransfer sifat anti hama antara <i>Oryza spp.</i> liar dan hasil panen, dikembangkan pangan transgenik lain.
Abad ke-20	

Perkembangan kemajuan atau kronologi dari bioteknologi pangan menurut Hulse (2004) dimulai dari milenium ke-4 (Tabel 1).

Bioteknologi pangan tradisional

Proses fermentasi adalah proses tradisional untuk meningkatkan daya simpan hasil pertanian seperti susu, sayuran, dan daging. Banyak sekali jenis fermentasi makanan dan minuman yang dilakukan di beberapa negara berkembang terutama di Asia Tenggara. Di Amerika Utara dan Eropa mempunyai sistem distribusi yang cepat dan terdapat sistem *cooling* dan *freezing* sehingga membuat proses fermentasi tidak terpakai lagi. Tren ini tidak berlangsung lama, lebih banyak orang dan perusahaan makanan tertarik pada makanan alami dan tradisional. Industri makanan dan minuman terus mengalami inovasi untuk memenuhi daya tahan dan kealamiannya.

Fermentasi untuk semua makanan dan minuman alami

Fermentasi membawa rasa yang unik dan bermanfaat bagi konsumen. Fermentasi adalah cara tradisional yang dapat dikembangkan menjadi proses yang lebih besar. Contohnya adalah produksi kefir (Dobson *et al.*, 2011). Kefir adalah minuman tradisional cair terfermentasi menggunakan campuran bakteri asam laktat, yeast, dan jamur untuk fermentasi susu. Fermentasi susu menghasilkan produk seperti yoghurt

dan sedikit produk alkohol yang dikonsumsi oleh jutaan orang terutama di Eropa Timur (Guzel-Seydim *et al.*, 2011). Proses fermentasi dilakukan di rumah atau dekat dengan kompor menggunakan kefir yang diproduksi sebelumnya atau granula kefir kecil yang dibeli di toko bahan makanan sebagai inokulum. Sekarang ini, perusahaan susu meng-*upscale* proses ini dalam skala industri menggunakan kultur starter aktif dan stabil hanya untuk produk utama susu yaitu yoghurt dan keju. Tantangan utama perusahaan ini adalah menyiapkan minuman keluarga dengan kualitas baik dan tanpa alkohol. Fermentasi harus menggunakan kontrol dengan kultur starter yang terstandarisasi dan kondisi fermentasi yang sama (temperatur rendah).

Pendekatan kedua setelah berhasil melebarkan skala produksi adalah mengembangkan proses fermentasi pada substrat lain. Kefir adalah produk peternakan tradisional menggunakan susu sebagai substrat. Perkembangan terbaru adalah menggunakan kultur kefir untuk fermentasi substrat lain seperti jus buah, produknya dikenal sebagai kefir buah (Dufresne and Farnworth, 2000).

Fermentasi untuk menambah kandungan dalam makanan

Lebih dari 10 tahun yang lalu, proses fermentasi diakui sebagai cara yang relatif mudah dan dapat meningkatkan tingkat vitamin pada makanan dan

minuman. Contoh pada aplikasi produk peternakan yang mengalami peningkatan secara alami antara lain riboflavin (Burgess *et al.*, 2004), folat (Sybesma *et al.*, 2003), vitamin B12 (Taranto *et al.*, 2003), vitamin K2 (Tani, 1992), dan vitamin lainnya. Beberapa proses fermentasi terbaru menunjukkan peningkatan vitamin karena penggunaan *Lactobacillus plantarum*, bakteri asam laktat ini dapat ditemukan pada hasil pertanian termasuk produk hewan. *Lactobacillus plantarum* dapat menghasilkan folat (Hugenschmidt *et al.*, 2000). Fermentasi melon menggunakan bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus reuteri* menunjukkan produksi folat yang lebih tinggi dibandingkan dengan substrat alami lain (Santos *et al.*, 2008). Penambahan vitamin dideskripsikan pada beberapa jenis makanan fermentasi antara lain kecap (Champagne *et al.*, 2010), kimchi (Kwak *et al.*, 2010), dan lain-lain.

Fermentasi untuk mencegah obesitas

Pada beberapa negara lebih dari setengah populasinya mengalami kelebihan berat badan. Penduduk yang mengalami kelebihan berat badan ini tidak hanya tidak disiplin dengan makan terlalu banyak dan kurang olah raga, tetapi banyak dari mereka telah terserang obesitas yang membutuhkan peanganan dokter. Industri makanan dan minuman mencoba untuk peduli pada isu kesehatan ini dengan mengurangi kalori karbohidrat dalam makanan dan minuman. Fermentasi akan mengurangi kalori dengan mengkonversi gula menjadi asam organik atau etanol, meskipun maksimum kalori yang dapat dikurangi tidak dapat lebih dari 25%.

Fermentasi untuk meningkatkan aktifitas antioksidan

Beberapa buah dan sayuran sangat disukai karena kandungan alami antioksidan seperti lycopene (tomat), equol (kedelai), resveratrol (anggur merah, berry, pomegranate), hesperidin dan naringin (jeruk), dan quercetin (buah, sayur). Antioksidan dapat melindungi buah atau jus buah secara langsung dari oksidasi dan browning serta perubahan rasa yang tidak diinginkan, di samping itu aktifitas antioksidan dalam tubuh dapat melindungi sel dari radikal oksidatif. Kinerja antioksidan dipengaruhi oleh bagaimana antioksidan dapat diubah dalam tubuh. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa aktifitas enzimatis dan mikroba (fermentasi) dapat mengubah antioksidan polyphenol seperti hesperidin (Jin *et al.*, 2010; Nielsen *et al.*, 2006) dan equol (Di Cagno *et al.*, 2010; Chien *et al.*, 2006) lebih efisien. Fermentasi dapat mempengaruhi kesehatan konsumen dengan meningkatkan antioksidan.

Fermentasi untuk memperpanjang waktu simpan

Produk fermentasi tradisional mempunyai daya simpan yang relatif lama yaitu sekitar 4 minggu untuk produk peternakan cair dan setahun atau lebih untuk beberapa sosis kering terfermentasi dan minuman beralkohol. Makanan dan minuman non alkohol terfermentasi biasanya masih mengandung banyak residu gula dan beberapa asam amino, vitamin, dan

mineral yang dapat menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme terutama yeast atau jamur. Para peneliti mikrobiologi pangan berusaha untuk menemukan mikroorganisme, terutama bakteri asam laktat yang dapat memproduksi komponen antifungal. Beberapa komponen antifungal yang telah diuraikan antara lain siklus peptida dan metabolit seperti 3-phenyllactic. Produsen anti fungal dapat digunakan untuk memperpanjang daya simpan buah segar seperti anggur dan pir (Crowley *et al.*, 2012). Produsen anti fungal dapat melawan pertumbuhan fungal pada jus buah.

Bioteknologi pangan modern

Hampir tidak ada produk makanan di supermarket yang tidak dihasilkan dari hasil kemajuan perkembangbiakan tanaman. Teknologi modern yang telah dilakukan untuk tanaman atau hewan pangan yaitu dengan rekayasa genetik. Bentuk rekayasa genetik telah dipraktikkan oleh petani dengan pembibitan silang tanaman dan hewan untuk meningkatkan atribut tertentu, melalui pengumpulan dan penanaman benih biji-bijian yang lebih gemuk, pemilihan hewan yang lebih gemuk untuk dikembangbiakan dan pemupukan silang tanaman untuk menciptakan varietas baru yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan dari tanaman induk (Schardt, 1994). Penyilangan dalam pembibitan tanaman secara tradisional bersifat acak dan tidak pasti, serta membutuhkan waktu 20 tahun untuk menghasilkan varietas baru yang komersial. Dengan metode ini, petani atau peternak hanya dapat menyilangan tanaman dengan tanaman kerabat dekatnya (Phillips, 1994).

Makanan hasil rekayasa genetika pertama kali muncul di pasaran pada tahun 1960. Pada tahun 1967, ditemukan varietas kentang baru yang disebut Lenape dengan kandungan padatan yang tinggi dan dimanfaatkan untuk pembuatan kripik kentang. Setelah dua tahun, ditemukan dalam varietas kentang baru ini terdapat racun Solanin. Akibatnya, kentang ini ditarik dari pasar oleh USDA. Adanya racun di dalam kentang ini menunjukkan bahwa perubahan rekayasa genetik tanaman atau hewan memiliki kemungkinan efek yang tidak terduga (McMillan and Thompson, 1979). Meskipun demikian, pemuliaan tanaman memiliki catatan keamanan yang baik dan telah berhasil menghilangkan unsur – unsur beracun di beberapa makanan.

Pada tahun 1979, di Cornell University, New York, para ilmuwan memulai penelitian pertama mengenai *recombinant bovine somatotropin* (rBST) yaitu hormone pertumbuhan sintetik untuk sapi. Hormon ini disuntikkan ke sapi perah untuk meningkatkan produksi susu. Pada tahun 1980-an, para peneliti di Amerika Serikat (Perusahaan Monsanto), Jerman Barat (Max Planck Institute), dan Belgia menemukan metode untuk menciptakan tanaman transgenik dengan menggunakan bakteri patogen, *Agrobacterium tumefaciens* (Zambrynski *et al.*, 1983). Para peneliti memasukkan gen baru ke dalam tanaman dengan bantuan bakteri dan juga memperkenalkan gen

resistensi kanamycin untuk memilih transformasi sel (Bevan *et al.*, 1983). Teknik ini menjadi berguna dan telah digunakan untuk memperkenalkan sifat – sifat lainnya ke tanaman (Hinchee *et al.*, 1988) termasuk sifat pematangan lambat tomat.

Tahun 1983 sampai 1989 terjadi perkembangan lebih canggih pada teknik rekombinan DNA yang memungkinkan transformasi genetik tanaman dan hewan. Selama periode ini, pemerintah Amerika Serikat memberikan persetujuan penggunaan rBST pada sapi perah. Pemerintah Amerika Serikat juga memberikan kerangka untuk mengatur bioteknologi pada tiga lembaga yaitu Food and Drug Administration (FDA), US Department of Agriculture (USDA), dan Environmental Protection Agency (EPA) (Phillips, 1994).

Pada tahun 1990-an, makanan hasil rekayasa genetik pertama kali tersedia untuk masyarakat umum. American Medical Association (AMA) dan National Institute of Health (NIH) secara independen menyimpulkan bahwa daging dan susu dari sapi yang diberi rBST sama amannya dengan sapi biasa. Setahun kemudian, American Pediatric Association juga menyetujui rBST. Pada tahun 1993, FDA memberikan persetujuan untuk penggunaan rBST pada sapi perah. Peneliti dari Universitas Cornell juga menghasilkan rPST (*recombinant porcine somatotropin*) yang digunakan pada babi untuk menghasilkan daging babi tanpa lemak. rPST juga mengurangi konsumsi pakan ternak tetapi meningkatkan produksi daging babi. Pada tahun 1994, FDA akhirnya memberikan persetujuan untuk Calgene Corporation yaitu tomat Flavr Savr untuk dipasarkan (Thayer, 1994).

Kloning hewan ternak di Skotlandia dari sel janin dan embrio (Dyer, 1996) dan yang mengejutkan dari sel mamalia dewasa (Koch, 1998), penggunaan teknik 'gene gun' atau 'biolistic gun' (bukan menggunakan *Agrobacterium*) untuk menembak gen asing langsung ke kromosom dari beberapa tanaman (Lesney, 1999), serta produksi tanaman yang memiliki resistensi terhadap herbisida dan hama oleh beberapa perusahaan penghasil benih (Liu, 1999) adalah salah satu perkembangan terbaru di bidang ini.

Teknologi rekayasa genetik merupakan teknologi yang masih baru sehingga terjadi pro dan kontra dalam pemanfaatan atau pemasaran produk ini.

Manfaat Bioteknologi Pangan

Para pendukung makanan rekayasa genetik melihat peningkatan ketersediaan pangan sepanjang tahun, peningkatan kualitas gizi dan perpanjangan umur makanan dipilih sebagai alasan mengapa mereka mendukung ilmu baru yang akan menguntungkan konsumen, petani dan lingkungan. Selain itu, mereka percaya bahwa hal ini akan mengarah pada peningkatan secara umum dalam pertanian dan pangan, dan juga memberikan kesehatan, harga murah, lebih stabil, bernutrisi, rasa lebih enak dan aman dikonsumsi. Aplikasi masa depan ilmu ini akan meningkatkan resistensi tanaman terhadap hama, serangga, herbisida, cuaca dan tekanan lingkungan. Banyak tanaman rekayasa genetik dan hewan tumbuh dan berkembang biak lebih cepat. Karena para ilmuwan

mampu memperkenalkan sifat genetik dalam organisme dengan ketepatan yang lebih baik sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan sangat kecil (Schardt, 1994). Tanaman yang memiliki sifat baru dengan beberapa manfaat tertentu akan diproduksi secara genetik. Pendukung makanan rekayasa genetik percaya bahwa potensi risiko teknologi rekayasa genetik makanan adalah hipotesa saja, meskipun juga terlalu dini untuk menyatakan jika teknologi rekayasa genetik bermanfaat di semua jenis tanaman. Potensi manfaat makanan rekayasa genetik antara lain : (1) Peningkatan ketersediaan pangan (Rudnitsky, 1996; Schardt, 1994), (2) Peningkatan umur simpan dan kualitas organoleptik makanan (BIO, 1998; Thayer, 1994), (3) Peningkatan kualitas gizi dan manfaat kesehatan (BIO, 1998; Clinton, 1998), (4) Peningkatan kualitas protein (BIO, 1998), (5) Peningkatan kandungan karbohidrat makanan (BIO, 1998; Liu, 1999), (6) Peningkatan kuantitas dan kualitas daging dan susu (Wilmot *et al.*, 1997), (7) Peningkatan yield tanaman pertanian (BIO, 1998; Wood, 1995), (8) Pembuatan vaksin dan obat-obatan yang edible atau dapat dimakan (Lesney, 1999; Sloan, 1999), (9) Ketahanan biologis terhadap penyakit, hama, gulma, herbisida dan virus (Losey *et al.*, 1999; Wilkinson, 1997; Wood, 1995), (10) Bioremediasi (Gray, 1998), (11) Efek positif pada produk pertanian/makanan (Thayer, 1999), (12) Perlindungan lingkungan (BIO, 1998), (13) Tanaman rekayasa genetik berfungsi sebagai bio-factories dan sumber dari bahan baku industri (Sloan 1999), (14) Terciptanya lapangan kerja (Alliance For Better Foods, 1999; Thayer, 1999).

Potensi Risiko Bioteknologi Pangan

Kritikus dari rekayasa genetik makanan tidak hanya menyoroti keamanan, efek alergi, karsinogenitas, dan kualitas gizi makanan berubah, tetapi juga masalah lingkungan. Mereka mengkhawatirkan terjadinya kesalahan dari teknik transfer gen ini. Menurut Phillips (1994), materi genetik yang baru terkadang tidak berhasil dipindahkan ke sel target, atau mungkin dipindahkan ke tempat yang salah pada rantai DNA dari organisme sasaran, atau gen baru kemungkinan secara tidak sengaja mengaktifkan gen didekatnya yang biasanya tidak aktif, atau mungkin mengubah atau menghambat fungsi gen yang lain dan menyebabkan mutasi yang tidak terduga sehingga membuat tanaman yang dihasilkan beracun, tidak subur dan tidak layak. Berikut ini beberapa potensi risiko atau permasalahan yang mungkin terjadi : (1) Perubahan kualitas gizi makanan (Phillips, 1994), (2) Resistensi antibiotik (Phillips, 1994), (3) Potensi racun dari makanan rekayasa genetik (Phillips, 1994); (4) Potensi alergi dari makanan rekayasa genetik (Coleman, 1996), (5) Transfer gen yang tidak disengaja pada tanaman liar (Phillips, 1994), (6) Kemungkinan pembentukan virus dan racun baru (Phillips, 1994), (7) Keterbatasan akses terhadap benih dengan adanya paten dari tanaman hasil rekayasa genetik (Koch, 1998), (8) Ancaman terhadap keragaman genetik tanaman (Koch, 1998; Phillips, 1994), (9) Kekhawatiran agama/budaya/etika (Crist, 1996; Robinson, 1997), (10) Kekhawatiran

karena tidak ada pelabelan pada makanan rekayasa genetik (Hoef *et al.*, 1998).

Kesimpulan

Pertumbuhan jumlah penduduk dunia selalu diiringi dengan meningkatnya kebutuhan pangan dunia. Bioteknologi pangan yang secara umum memafaatkan sistem biologi untuk menghasilkan produk yang diinginkan, sangat bermanfaat bagi untuk memenuhi kebutuhan pangan. Bioteknologi pangan tradisional memanfaatkan teknologi fermentasi menggunakan yeast sedangkan bioteknologi pangan modern dengan rekayasa genetik. Rekayasa genetik memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas, nilai nutrisi dan jenis makanan yang tersedia dan meningkatkan efisiensi produksi makanan, distribusi makanan dan pengolahan limbah. Gen yang dimasukkan ke tanaman dapat memberikan pertahanan biologis terhadap penyakit dan hama, sehingga mengurangi kebutuhan pestisida kimia yang mahal, dan memberikan sifat pada tanaman yaitu tahan kekeringan, pH, salju dan kondisi garam. Penggunaan benih tahan herbisida memungkinkan petani untuk selektif dalam memberantas gulma dengan herbisida, tanpa merusak tanaman pertanian (Thayer, 1999). Penerimaan masyarakat terhadap makanan hasil rekayasa genetik dipengaruhi oleh dua hal yaitu, integrasi proses bioteknologi dan kebijakan atau peraturan terhadap makanan rekayasa genetik yang dikeluarkan oleh pemerintah (Sager, 2001). Risiko produksi dan konsumsi dari makanan rekayasa genetik baru harus dipertimbangkan terhadap manfaat yang bisa didapatkan, ketika manfaatnya lebih besar maka jenis makanan ini harus dikembangkan lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri (BPKLN) yang telah memberikan dana Beasiswa Unggulan sehingga dapat terbitnya artikel ini.

Daftar Pustaka

- Alliance for Better Foods. Improving Agriculture through Biotechnology: Health and Nutritional Benefits of Food Biotechnology. 1999 Website: www.betterfoods.org/.
- Bevan MW, Flavell RB, Chilton MD. 1983. A chimaeric antibiotic resistant gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature*. 304:184–7.
- BIO. Member survey. Biotechnology Industry Organization. 1998. Web site: www.BIO.org.
- Brown KS. 1996. Prescription: one plant please. *Bioscience*. 46(2):82.
- Burgess C, O'connell-Motherway M, Sybesma W, Hugenholtz J, van Sinderen D. 2004. Riboflavin production in *Lactococcus lactis*: potential for in situ production of vitamin-enriched foods. *Appl. Environ. Microbiol.* 70:5769-5777.
- Campbell POQ. 1996. Super foods: agricultural products and genetic engineering. *Biology Digest*. 1(23):10–7.
- Clinton SK. 1998. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.* 56:35–51.
- Champagne CP, Tompkins TA, Buckley ND, Green-Johnson JM. 2010. Effect of fermentation by pure and mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus helveticus* on isoflavone and B-vitamin content of a fermented soy beverage. *Food Microbiol.* 27:968-972.
- Chien HL, Huang HY, Chou CC. 2006. Transformation of isoflavone phytoestrogens during the fermentation of soymilk with lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiol.* 23:772-778.
- Coleman A. 1996. Production of proteins in the milk of transgenic livestock: problems, solutions and success. *Am. J. Clin. Nutr.* 63:5639–45.
- Crist WE. Waiter, there's a flounder in my fruit. 1996. (Bio-engineered fruits and vegetables with animal genetic materials are not so labeled). *Vegetarian Times*. 231:22.
- Crowley S, Mahony J, van Sinderen D. Broad-spectrum antifungal-producing lactic acid bacteria and their application in fruit models. *Folia Microbiol* 2012. Epubl 17 Nov 2012.
- De Vos WM. 1999. Food biotechnology frontiers of food functionality. *Current Opinion in Biotechnology*. 10:483-484.
- Dyer O. 1996. Sheep cloned by nuclear transfer. *Br. Med. J.* 312(7032):658.
- Di Cagno R, Mazzacane F, Rizello CG, Vincentini O, Silano M, Guilani G, De Angelis M, Gobetti M. 2010. Synthesis of isoflavone aglycones and equol in soy milks fermented by food-related lactic acid bacteria and their effect on human intestinal Caco-2 cells. *J. Agric. Food Chem.* 58:10338-10446.
- Dobson A, O'Sullivan O, Cotter PD, Ross P, Hill C: Highthroughput sequence-based analysis of the bacterial composition of kefir and an associated kefir grain. *FEMS Microbiol Lett* 2011. 320:56-62.
- Dufresne C, Farnworth E. 2000. Tea, kombucha and health: a review. *Food Res. Int.* 33:409-421.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Statement on Biotechnology*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization; March 2000.
- Gray SN. 1998. Fungi as potential bioremediation agents in soil contaminated with heavy or radioactive metals. *Biochem. Soc. Trans.* 26(4):666–70.
- Guzel-Seydim ZB, Kok-Tas T, Greene AK, Seydim AC. 2011. Review: functional properties of kefir. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51:261-268.
- Habibi-Najafi MB. 2006. Food biotechnology and its impact on our food supply. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*. 1(1):22-27.
- Hinchee MAW, Connor-Ward DV, Newell CA, McDonnel RE, Sato SJ, Gasser CS, Fischhoff DA, Re DB, Fraley RT, Horsch RB. 1988. Production of transgenic soybean plants during *Agrobacterium*-mediated DNA transfer. *Bio/Technology*. 53(5):50–3
- Hoef AM, Kok EJ, Bowo E, Kuiper HA, Keijer J. 1998. Development and application of a selective

- detection method for genetically modified soy and soy derived products. *Food Add. Contamin.* Oct. 15(7):767–74.
- Hugenschmidt S, Miescher Schwenninger S, Lacroix C. 2011. Concurrent high production of natural folate and vitamin B12 using a co-culture process with *Lactobacillus plantarum* SM39 and *Propionibacterium freudenreichii* DF13. *Process Biochem.* 46:1063-1070.
- Hulse, J.H. 2004. Biotechnologies: past history, present state and future prospects. *Trends in Food Science & Technology.* 15: 3-18
- Koch K. 1998. Food safety battle: organic vs. biotech. *Congressional Quarterly Researcher.* 9(33):761–84.
- Kwak CS, Lee MS, Lee HJ, Whang JY, Park SC. 2010. Dietary source of vitamin B12 intake and vitamin B12 status in female elderly Korean s aged 85 years and older living in rural area. *Nutr. Res. Pract.* 4:229-234.
- Lesney MS. 1999. The Garden of Dr. Moreau: plant biotechnology as a chemical enterprise. Genetically modified foods are the fore-runners of designer chemical plants. *Today's Chemist at Work.* 8(6):28–33.
- Liu K. 1999. Biotech crops: products, properties and prospects. *Food Technology.* 53(5):42–9.
- Losey JE, Rayor LS, Carter ME. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature.* 399:214.
- McMillan M, Thompson JC. 1979. An outbreak of suspected solanine poisoning in school boys: examinations of criteria of solanine poisoning. *Q. J. Med.* 48:227–43.
- Nielsen IL, Chee WS, Poulsen L, Offord-Cavin E, Rasmussen SE, Frederiksen H, Enslin M, Barron D, Horcadaja MN, Williamson G. 2006. Bioavailability is improved by enzymatic modification of the citrus flavonoid hesperidin in humans: a randomized, doubleblind, crossover trial. *J. Nutrition.* 136:404-408.
- Phillips SC. 1994. Genetically engineered foods: do they pose health and environmental hazards? *CQ Researcher.* 4(29):673–96.
- Robinson C. 1997. Genetically modified foods and consumer choice. *Trends in Food Science and Technol.* 8:84–8.
- Rudnitsky H. 1996. Another agricultural revolution: genetically altered seeds hold great promise for seed companies and for the fast growing world population. *Forbes Magazine.* 157(10):159.
- Sager, B. 2001. Scenarios on the future of biotechnology. *Technological Forecasting & Social Change.* 68:109-129
- Santos F, Wegkamp A, de Vos WM, Smid EJ, Hugenholtz J. 2008. Highlevel folate production in fermented foods by the B12 producer *Lactobacillus reuteri* JCM1112. *Appl. Environ. Microbiol.* 74:3291-3294. Scharadt D. Brave new foods (genetically engineered foods). *Amer Health* 1994 Jan–Feb;13(1):60.
- Sloan AE. 1999. The new market: foods for the not-so-healthy. *Food Technol.* 53(2):54–60.
- Sybesma W, Starrenburg M, Tijsseling L, Hoefnagel MH, Hugenholtz J. 2003. Effects of cultivation conditions on folate production by lactic acid bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 69:4542-4548.
- Tani Y. 1992. Microbial process of menaquinone production. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*:251-254.
- Taranto MP, Vera JL, Hugenholtz J, De Valdez GF, Sesma F. 2003. *Lactobacillus reuteri* CRL1098 produces cobalamin. *J. Bacteriol.* 185:5643-5647.
- Thayer AM. 1999. Transforming agriculture: transgenic crops and the application of discovery technologies are altering the agrochemical and agriculture businesses. *Chemical & Eng. News.* 77(16):21–35.
- Thayer AM. 1994. FDA gives go-ahead to bio-engineered tomato. *Chemical & Eng. News.* 72:7–8.
- Uzogara SG., 2000. The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review. *Biotechnol. Adv.* 18: 179-206
- Wilkinson JQ. 1997. Biotech plants: from lab bench to supermarket shelf. *Food Technol.* 51(12):37–42.
- Wilmot I, Schnleke AE, McWhir J, Kind AJ, Campbell KHS. 1997. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature.* 385(6619):810–3.
- Wood M. 1995. Boosting plant's virus resistance: genetic engineering research could yield a safe way to produce hardy new plants. *Agricultural Res.* 43:18–20.
- Zambrynski P, Joos H, Genetello C, Leemans J, Van Montagu M, Schell J. 1983. Ti-plasmid vector for the introduction of DNA into plant cells without alteration of their normal regeneration capacity. *Embo J.* 2:2143–50.