

Variabilitas Beta Glukan dari Tubuh Buah Jamur Pangan Sebagai Pangan Fungsional Penunjang Kesehatan: Artikel Review

RIZKI RABECA ELFIRTA

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46 Cibinong, Indonesia. 16911
Email: rizkirabeca77686@gmail.com

ABSTRACT

The necessary for functional food to improve human healthy are increasing. The excessively food intake and unhealthy lifestyles lead to various diseases. Mushrooms contains higher levels of vitamins and protein than vegetables, and also low calories, so they are appropriate for use as functional food. Mushroom cell wall are composed by beta glucan which can effectively improve human health. Beta glucan cannot be digested by human gastrointestinal, but can be fermented by the colon microflora. The research about immunomodulatory, antibacterial, antioxidant and prebiotic activity of beta glucan from mushroom fruiting bodies has been carried out. Ganoderan (beta glucan) from *Ganoderma lucidum* mushroom is known to have immunomodulatory properties. Lentinan is a beta glucan from *L. endodes* mushroom has antioxidant activity. Beta glucan from mushrooms have been shown to stimulate the growth of colon microflora. This review article aims to discuss the benefits of beta glucan from mushroom fruiting body as functional food, which is expected to provide information that mushroom are could potentially be used in part of well-balanced diets and could be consumpt as functional food.

Keywords: antioxidant; beta glucan; functional food; mushroom; prebiotic

INTISARI

Kebutuhan pangan fungsional untuk meningkatkan kesehatan terus meningkat. Asupan makanan yang berlebihan dan pola hidup yang tidak sehat memicu timbulnya berbagai macam penyakit. Jamur pangan mengandung vitamin dan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan sayuran, serta rendah kalori sehingga cocok digunakan sebagai kandidat pangan fungsional. Dinding sel jamur pangan tersusun atas beta glukan yang secara efektif dapat meningkatkan kesehatan manusia. Beta glukan tidak dapat dicerna oleh pencernaan manusia, namun dapat terfermentasi oleh mikroflora kolon. Penelitian mengenai aktivitas immunomodulator, antibakteri, antioksidan dan prebiotik dari beta glukan tubuh buah jamur pangan telah dilakukan. Ganoderan (beta glukan) dari jamur *Ganoderma lucidum* diketahui memiliki khasiat sebagai immunomodulator. Lentinan merupakan beta glukan yang diekstrak dari jamur *L. endodes* memiliki aktivitas antioksidan. Beta glukan dari jamur pangan terbukti dapat menstimulasi pertumbuhan mikrobiota kolon. Artikel *review* ini bertujuan untuk mengulas manfaat beta glukan dari tubuh buah jamur pangan sebagai pangan fungsional, yang diharapkan dapat memberikan informasi bahwa dengan mengonsumsi beta glukan dari jamur pangan dapat membantu meningkatkan kesehatan masyarakat.

Kata kunci: antioksidan; beta glukan; jamur pangan; pangan fungsional; prebiotik

PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan fungsional untuk meningkatkan kesehatan terus meningkat. Asupan makanan yang berlebihan dan pola hidup yang tidak sehat memicu timbulnya berbagai macam penyakit. Menurut statistik dunia, penyakit kardiovaskular merupakan penyakit degeneratif yang menyebabkan 9,4 juta kematian setiap tahun di mana angka tersebut akan meningkat hingga 23,3 juta pada tahun 2030. Angka kematian penyakit jantung koroner 12,9% dari total kematian di Indonesia (Ghani *et al.*, 2016). Malnutrisi juga menjadi permasalahan kesehatan di Indonesia. Global

Nutrition Report tahun 2014 menunjukkan Indonesia menempati peringkat 17 dari 117 negara yang mempunyai masalah gizi yaitu *stunting* (Fitriami & Huriah, 2019). Selain penyakit degeneratif dan malnutrisi, penyakit infeksius juga menjadi ancaman bagi masyarakat Indonesia, penggunaan antibiotik yang berlebihan menyebabkan terjadinya resistensi antibiotik sehingga pencarian antibiotik baru perlu terus dilakukan.

Jamur pangan berpotensi menjadi bahan pangan fungsional, yaitu bahan pangan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan gizi namun juga memberikan efek sehat bagi yang

mengonsumsinya (Siro *et al.*, 2008). Jamur pangan mengandung lemak dan karbohidrat tercerna yang rendah, namun kaya akan protein dan vitamin, sehingga sangat cocok digunakan sebagai asupan makanan (Kim *et al.*, 2008). Salah satu komponen aktif yang terkandung di dalam jamur pangan adalah beta glukukan, yang merupakan komponen dinding sel jamur. Dalam banyak penelitian, beta glukukan secara efektif merangsang respon imun untuk melawan infeksi bakteri, virus, jamur, atau parasit (Chen *et al.*, 2014). Ganoderan (beta glukukan) dari jamur *Ganoderma lucidum* diketahui memiliki khasiat sebagai immunomodulator. Beta glukukan dari jamur pangan terbukti dapat menstimulasi pertumbuhan mikrobiota kolon. Beta glukukan dari tubuh buah jamur pangan yang telah diteliti aktivitas antioksidan salah satunya adalah jamur shitake (*L. endodes*). Jamur shitake memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, meningkatkan aktivitas *superoxide dismutase* (SOD), menurunkan jumlah malondialdehid (MDA), menghambat pembentukan lipid peroksidase, efektif dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif, dapat memperbaiki sel yang rusak serta menghambat penuaan dini (Zi *et al.*, 2018). Dengan demikian, jamur pangan berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan pangan fungsional penunjang kesehatan dikarenakan memiliki banyak manfaat untuk kesehatan.

JAMUR PANGAN DAN POTENSINYA SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL

Jamur pangan (*edible mushroom*) merupakan tubuh buah makrofungi yang bersifat tidak beracun dan memiliki rasa serta aroma yang dapat diterima ketika dikonsumsi oleh manusia (Mehadi *et al.*, 2015). Jamur pangan rendah akan kalori, lemak dan kolesterol namun tinggi akan kandungan protein, karbohidrat, serat, vitamin dan asam amino esensial (Kues & Liu, 2000). Terdapat 14.000 spesies makrofungi dan 2.000 di antaranya dapat dikonsumsi oleh manusia. Berbagai jenis jamur pangan memiliki nilai nutrisi dan manfaat kesehatan serta dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah kesehatan. Sebagai contoh *A. auricula*

mengandung 66,15% karbohidrat. Karbohidrat yang terkandung di dalam *A. auricula* merupakan karbohidrat yang tidak dapat tercerna (*indigestible*) sehingga baik digunakan sebagai sumber serat pangan. Selain karbohidrat, *A. auricula* mengandung 12,5 % protein, berbagai mineral seperti kalsium, natrium, kalium, fosfor dan besi, berbagai jenis asam amino dan komponen lipofilik (Miller, 1989; Qin *et al.*, 2010; Kadnikova *et al.*, 2015). *A. auricula* mengandung berbagai jenis vitamin seperti B1, B2, B3, biotin, dan vitamin C. Di mana, vitamin B1, B2, B3, dan biotin berperan penting dalam proses metabolisme tubuh, sedangkan vitamin C memiliki peran dalam menjaga daya tahan tubuh (Furlani & Godoy, 2008).

Polisakarida dari jamur *A. auricula* dapat menghambat pertumbuhan sel kanker dikarenakan dapat menginduksi proses apoptosis sel tumor (Khan *et al.*, 2016). Selain *A. auricula*, jamur pangan yang telah diteliti khasiatnya yaitu *P. Ostreatus*. *P. ostreatus* memiliki manfaat untuk kesehatan dikarenakan mengandung lovastatin yang dapat menghambat sintesis kolesterol. *L. endodes* digunakan sebagai agen terapi pasien dengan penyakit kanker lambung. *Hypsizygyus tessulatus* yang umumnya dikenal sebagai jamur Shimeji mengandung glukukan, niasin, vitamin B dan D. Vitamin B membantu dalam sistem imun dan penurunan berat badan, vitamin D efektif melawan osteoporosis dan anti penuaan. Senyawa 1-3- β -D-glukan yang diisolasi dari jamur pangan memiliki aktivitas dalam memodulasi sistem kekebalan tubuh dan berpotensi memberikan efek penghambatan tumor (Borchers *et al.*, 1999; Ina *et al.*, 2013; Mehadi *et al.*, 2015). *A. auricula* mengandung zat perasa alami yang menyebabkan jamur ini memiliki rasa yang lezat, komponen perasa tersebut di antaranya adenosin 50-monophosphate, garam natrium, asam aspartat, iridin 50-monopospat, asam glutamat, sistidin 50-monopospat dan inosin 50-monopospat disodium. Selain kandungan nutrisi yang tinggi, manfaat kesehatan dan kandungan zat perasa alami menyebabkan jamur pangan sangat cocok dijadikan sebagai pangan fungsional.

Suatu bahan makanan disebut sebagai pangan fungsional jika dapat memberikan manfaat kesehatan bagi tubuh di luar dari fungsinya sebagai sumber nutrisi. Pangan fungsional memberikan manfaat berupa peningkatan kesehatan dan mencegah resiko penyakit. Makanan fungsional memiliki berbagai manfaat, di antaranya sebagai fortifikasi vitamin dan mineral, menurunkan kadar kolesterol, antioksidan, fitokimia, serat pangan, antibakteri, probiotik, prebiotik dan simbiotik (Alzamora *et al.*, 2005). Ketertarikan masyarakat terhadap pangan fungsional semakin meningkat sejalan dengan kesadaran untuk meningkatkan harapan dan kualitas hidup, serta dipicu oleh meningkatnya biaya yang dibutuhkan dalam perawatan kesehatan. Penerapan sistem makanan fungsional di Jepang (FOSHU) telah meningkatkan angka harapan hidup di Jepang yaitu usia di atas 65 tahun (Iwatani & Yamamoto, 2019). Total penjualan produk makanan FOSHU mencapai 8 miliar dolar pada tahun 2018. Dengan mengonsumsi pangan fungsional dari jamur pangan, diharapkan angka harapan hidup masyarakat Indonesia dapat meningkat di setiap tahunnya.

BETA GLUKAN DAN MANFAATNYA BAGI KESEHATAN

Beta glukosa merupakan polimer dari glukosa yang secara strukturnya berikatan melalui ikatan β -(1,3) linier dan rantai cabang β -(1,6) (Synytsya & Novák, 2013). Beta glukosa secara alami ditemukan di dinding beberapa mikroorganisme, di antaranya jamur pangan, ragi dan serelia seperti gandum dan jelai

(Widyastuti *et al.*, 2011). Beta glukosa tidak dapat disintesis di tubuh manusia, sehingga untuk mendapatkan khasiatnya diperlukan beta glukosa dari sumber bahan pangan. Adanya beta glukosa yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui asupan makanan, secara alami akan dikenali oleh sistem kekebalan tubuh dan menyebabkan respon imun. Beta glukosa yang memiliki ikatan β -(1,3) -D- glukosa dikenal memiliki sifat sebagai imunomodulator (Synytsya & Novák, 2013). Ganoderan (beta glukosa) dari jamur *G. lucidum* diketahui memiliki khasiat sebagai imunomodulator (Giavasis, 2014). Selain bersifat sebagai imunomodulator, beta glukosa juga diketahui memiliki aktivitas sebagai antibakteri. Eksopolisakarida (EPS) dan beta glukosa dari *Schizophyllum commune* memiliki aktivitas antibakteri (Teoh *et al.*, 2012). Lentinan (beta glukosa dari *L. edodes*) memiliki dapat menghambat pertumbuhan dari bakteri *Bacillus megaterium*, *Enterococcus phoenicolicol* dan *Klebsiella pneumoniae* K4 (Rasmy *et al.* 2010).

Manfaat dari beta glukosa dapat diperoleh dengan cara dikonsumsi secara langsung maupun dapat diperoleh dengan cara mengekstraksi beta glukosa dari tubuh buah jamur pangan. Metode ekstraksi yang paling sering digunakan dalam ekstraksi beta glukosa yaitu dengan metode ekstraksi air panas menggunakan suhu 90-100°C (Tabel 1). Kelarutan beta glukosa di dalam air akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu air pada proses ekstraksi.

Tabel 1. Metode ekstraksi dari berbagai jamur pangan

Jamur pangan	Nama dari beta glukosa	Proses ekstraksi	Referensi
<i>Agaricus brasiliensis</i>	Beta glukosa	Ekstraksi air 100°C	Camelini <i>et al.</i> (2005)
<i>Schizophyllum commune</i>	Schizophylian	Ekstraksi air panas	Klaus <i>et al.</i> (2011)
<i>Ganoderma lucidum</i>	Ganoderan	Ekstraksi air 100°C	Dong <i>et al.</i> (2012)
<i>Lentinus edodes</i>	Lentinan	Ekstraksi air dan di partisipasi dengan etanol	Rasmy <i>et al.</i> (2010)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Pleuran	Ekstraksi metanol 80%; Ekstraksi air 100°C; ekstraksi NaCl 0,9%	Huang <i>et al.</i> (2012) Cha
<i>Grifola fondosa</i>	Grifolan	Ekstraksi air 100°C; ekstraksi alkali; presipitasi asam	Fang <i>et al.</i> (2012) Kang
<i>Flammulina velutipes</i>	Beta glukosa	Ekstraksi larutan 70% etanol	Ma <i>et al.</i> (2008)

<i>Armillaria mellea</i>	Beta glukon	Ekstraksi air	Lai & Ng 2012
<i>Dictyophora indusiata</i>	Beta glukon	Ekstraksi air 90°C	Deng <i>et al.</i> (2012)
<i>Poria cocos</i>	Beta glukon	Ekstraksi air	Wang <i>et al.</i> (2004)
<i>Volvariella volvacea</i>	Beta glukon	Ekstraksi air dan ekstraksi alkali	Maity <i>et al.</i> (2013)
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	Beta glukon	Ekstraksi air panas	Satitmanwiyat <i>et al.</i> (2012)

Sumber: Zhu *et al.*, 2015

Penanaman dari jamur pangan memiliki pengaruh terhadap kandungan beta glukon. Kandungan beta glukon jamur pangan *L. edodes* hasil kultivasi (ex situ) diketahui lebih tinggi dibandingkan dengan beta glukon yang langsung diisolasi dari alam (in situ), yaitu sebesar 19,779 dan 0,34 g/100 gram kering sampel (Boonyanuphap & Hansawasdi, 2011; Sari *et al.*, 2017). Sehingga jamur pangan hasil kultivasi sangat tepat digunakan sebagai bahan baku produksi beta glukon. Beta glukon dari jamur pangan selama ini hanya diisolasi dari tubuh buah saja, namun miselia jamur pangan dapat digunakan sebagai alternatif produksi beta glukon. Miselia jamur tidak dapat dikonsumsi langsung, namun dapat dimanfaatkan sebagai sumber sediaan *nutriceutical*, bahan tambahan suplemen, minuman atau makanan, maupun bumbu penyedap makanan. Sehingga formulasi miselia ke dalam produk pangan dapat meningkatkan nilai ekonomis dan manfaat dari miselia (Rathore *et al.*, 2019).

BETA GLUKON SEBAGAI SUMBER PREBIOTIK

Prebiotik adalah bahan pangan yang tidak dapat diabsorpsi oleh tubuh manusia, namun dapat difermentasi oleh mikrobiota usus menjadi asam lemak rantai pendek dan metabolit lainnya yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Prebiotik umumnya berbentuk serat pangan, namun tidak semua serat pangan memiliki sifat prebiotik. Syarat suatu bahan pangan dapat disebut prebiotik di antaranya tidak dapat dicerna oleh sistem pencernaan tubuh, dapat difermentasi oleh mikrobiota usus, secara selektif hanya menstimulasi mikrobiota yang bermanfaat seperti probiotik dan stabil selama proses pengolahan makanan (Wang, 2009). Sebagian besar polisakarida dalam jamur pangan berbentuk glukon yang linear dan bercabang

yang diikat dengan berbagai jenis ikatan glikosidik seperti 1-3 atau 1-6- β -glukon maupun 1-3- α -glukon (Wasser, 2003). Jamur pangan mengandung polisakarida yang berpotensi memiliki aktivitas prebiotik seperti kitin, hemiselulosa, manan, α - dan β -glukon (Jayachandran *et al.*, 2017).

Oligosakarida dan serat adalah penyusun utama prebiotik. Prebiotik merupakan bahan makanan (seperti jamur pangan) yang dapat menstimulasi pertumbuhan mikrobiota kolon. Mikrobiota usus memiliki pengaruh besar pada kesehatan. Prebiotik telah digunakan sebagai bahan makanan fungsional untuk meningkatkan komposisi mikrobiota kolon untuk meningkatkan kesehatan dan meningkatkan penyerapan nutrisi di usus. Beberapa target mikrobiota usus di antaranya *Bifidobacteria* dan *Lactobacillus*. *Bifidobacteria* dapat menstimulasi sistem kekebalan tubuh, menghasilkan vitamin B, menghambat pertumbuhan patogen, menurunkan kadar gula darah dan kolesterol darah serta dapat memulihkan mikrobiota normal setelah terapi antibiotik. Sedangkan *Lactobacillus* dapat membantu pencernaan laktosa pada individu yang tidak toleran laktosa, mengurangi sembelit, diare dan meredakan iritasi kolon (Gibson & Roberfroid, 1995; Gibson *et al.*, 2004; Wang, 2009). Hasil penelitian menggunakan ekstrak *G. Lucidum* dapat meningkatkan pertumbuhan dari *Bifidobacteria*, *Lactobacillus*, *Roseburia* dan *Lachnospiraceae* (Li *et al.*, 2016). Tren baru-baru ini dalam ilmu dan teknologi pangan telah menunjukkan bahwa prebiotik dapat memodulasi mikrobiota kolon manusia dan mengurangi beberapa kondisi penyakit seperti diabetes, obesitas, dan kanker (Jayachandran *et al.*, 2017). Selain bersifat sebagai prebiotik, beta glukon dapat mengobati kanker kolon dan dapat memperkecil ukuran tumor kolon dengan menstimulasi sistem imun dan bersifat

sitotoksik terhadap sel tumor kolon (Chen *et al.*, 2013).

BETA GLUKAN SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN

Antioksidan merupakan molekul yang dapat memperlambat atau mencegah proses oksidasi molekul yang menghasilkan radikal bebas. Radikal bebas dan spesies oksigen reaktif (ROS) dihasilkan oleh tubuh melalui metabolisme sel maupun diperoleh dari gaya hidup yang tidak sehat seperti merokok dan minuman beralkohol (Kho *et al.*, 2009). Antioksidan dapat melindungi sel dari kerusakan dengan mendonorkan 1 elektron untuk menstabilkan radikal bebas (Kumar *et al.*, 2016). Antioksidan sintetik, seperti butylated hydroxyanisole, butylated hydroxytoluene, tertbutylhydroquinone, dan propyl gallate digunakan untuk mengurangi kerusakan oksidatif. Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan antioksidan sintetik harus dibatasi karena menimbulkan efek samping bagi kesehatan. Penggunaan antioksidan sintetik dalam jangka panjang dapat bersifat toksik bagi tubuh (Sun *et al.*, 2010).

Jamur pangan mengandung beta glukon yang berpotensi sebagai antioksidan. Lentinan merupakan beta glukon yang diekstrak dari jamur *L. endodes* memiliki aktivitas antioksidan pada pengujian antioksidan menggunakan metode DPPH dan ABTS dengan aktivitas antioksidan di atas 60%. Lentinan dapat menghambat H₂O₂ dalam memproduksi ROS yang dapat merusak DNA dan protein, mengurangi pembentukan malondialdehid, dan meningkatkan aktivitas superoksida dismutase (SOD) serta melindungi dan perbaikan pada sel-sel yang rusak (Zi *et al.*, 2018). Aktivitas antioksidan yang tinggi dari lentinan menunjukan bahwa beta glukon dari jamur pangan sangat berpotensi sebagai sumber antioksidan. Senyawa yang bersifat antioksidan dapat menangkal ROS yang dapat memicu berbagai penyakit degeneratif seperti arteriosklerosis, diabetes, kanker dan juga penuaan dini. Dengan demikian, mengonsumsi beta glukon dari jamur pangan dapat mencegah maupun mengobati penyakit degeneratif serta

dapat dijadikan sebagai acuan bahwa jamur pangan berpotensi sebagai sumber pangan fungsional penunjang kesehatan. Selain senyawa beta glukon, jamur pangan juga mengandung senyawa antioksidan lainnya seperti tokoferol. Tokoferol merupakan senyawa yang bersifat antioksidan yang larut di dalam lemak. Tokoferol yang terkandung di dalam jamur pangan di antaranya adalah α -tokoferol dan β -tokoferol (Barros *et al.*, 2008)

KESIMPULAN

Jamur pangan mengandung beta glukon sebagai komponen penyusun dinding sel. Beta glukon telah terbukti memiliki berbagai manfaat seperti antioksidan, antibakteri, imunomodulator, antikanker dan prebiotik. Jamur pangan juga memiliki nutrisi yang baik untuk kesehatan. Jamur pangan mengandung karbohidrat yang tidak dapat tercerna (*indigestible*), sumber protein, berbagai mineral seperti kalsium, natrium, kalium, fosfor dan besi, asam amino dan berbagai jenis vitamin seperti B1, B2, B3, biotin, dan vitamin C. Berbagai kandungan nutrisi dan manfaat kesehatan yang terkandung di dalam jamur pangan dapat menjadi acuan bahwa jamur pangan merupakan pangan fungsional yang dapat menunjang kesehatan masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Iwan Saskiawan dan Dra Nunuk Widhyastuti atas arahan dan bimbingan dalam penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzamora, SM., Salvatori, D., Welti-chanes, J., and Fito, P. 2005. Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *Journal of Food Engineering*. vol 67: 205–214. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.067>.
- Barros, L., Cruz, T., Baptista, P., Estevinho, LM., and Ferreira, ICFR. 2008. Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food and Chemical Toxicology*. vol 46(8): 2742–2747. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.04.030>.
- Boonyanuphap, J and Hansawasdi, C. 2011. Spatial distribution of beta glucan containing wild mushroom communities in subtropical dry forest, Thailand. *Fungal Diversity*. vol 46: 29–42. doi:

- <https://doi.org/10.1007/s13225-010-0067-8>.
- Borchers, A., Stern, JS., Hackman, RM., Keen, CL., and Gershwin, ME. 1999. Minireview mushrooms, tumors, and immunity. *Proceedings of The Society for Experimental Biology and Medicine*. vol 221(4): 281–293. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1525-1373.1999.d01-86.x>.
- Chen, J., Pan, X., and Chen, J. 2013. Regeneration of activated carbon saturated with odors by non-thermal plasma. *Chemosphere*. vol 92(6): 725–730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.04.014>.
- Chen, S., Chang, C., Hung, M., Chen, S., Wang, W., Tai, C., and Lu, C. 2014. The effect of mushroom beta-glucans from solid culture of *Ganoderma lucidum* on inhibition of the primary tumor metastasis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. vol 2014: 1–7. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/252171>.
- Fitriami, E dan Huriyah, T. 2019. Determinan kejadian *stunting* di Indonesia: A literature review. *Jurnal SMART Keperawatan*. vol 6(2): 113–121. <https://doi.org/10.34310/jskp.v6i2.190>.
- Furlani, RPZ dan Godoy, HT. 2008. Vitamins B1 and B2 contents in cultivated mushrooms. *Food Chemistry*. vol 106(2): 816–819. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.007>.
- Ghani, L., Susilawati, MD., and Novriani, H. 2016. Faktor risiko dominan penyakit jantung koroner di Indonesia. *Buletin Penelitian Kesehatan*. vol 44(3): 153–164. doi: <https://doi.org/10.22435/bpk.v44i3.5436.153-164>.
- Giavasis, I. 2014. Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. *Current Opinion in Biotechnology*. 26: 162–173. doi: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.01.010>.
- Gibson, GR., Probert, HM., Loo, JV., Rastall, RA., and Roberfroid, MB. 2004. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*. vol 17(2): 259–275. doi: <https://doi.org/10.1079/NRR200479>.
- Gibson, G and Roberfroid, M B. 1995. Critical review dietary modulation of the human colonic microbiota : introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*. vol 125(6): 1401-1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>.
- Ina, K., Kataoka, T., and Ando, T. 2013. The use of lentinan for treating gastric cancer. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. vol 13(5): 681–688. doi: <https://doi.org/10.2174/1871520611313050002>.
- Iwatani, S and Yamamoto, N. 2019. Food science and human wellness functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*. vol 8(2): 96–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.011>.
- Jayachandran, M., Xiao, J., and Xu, B. 2017. A critical review on health promoting benefits of edible mushrooms through gut microbiota. *International Journal of Molecular Sciences*. vol 18(9): 1-12. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms18091934>.
- Kadnikova, IA., Costa, R., Kalenik, TK., Guruleva, ON., and Yanguo, S. 2015. Chemical composition and nutritional value of the mushroom *Auricularia auricula-judae*. *Journal of Food and Nutrition Research*. vol 3(8): 478–482. doi: <https://doi.org/10.12691/jfnr-3-8-1>.
- Khan, AALI., Jahangir, MM., Samin, G., Ziaf, K., Khan, A., Karim, W., and Zahid, A. 2016. Nutritional and chemical profiles of *Auricularia auricular* mushrooms: A review. *International Journal of Agricultural and Environmental Research*. vol 2(3): 185–191.
- Kho, YS., Vikineswary, S., Abdullah, N., Kuppasamy, UR., and Oh, HI. 2009. antioxidant capacity of fresh and processed fruit bodies and mycelium of *Auricularia auricula-judae* (Fr.) Quéf. *Journal of Medicinal Food*. vol 12(1): 167–174. doi: <https://doi.org/10.1089/jmf.2007.0568>.
- Kim, MK., Seguin, P., Ahn, JK., Kim, JJ., Chun, SC., Kim, EH., Seo, SH., Kang, EY., Kim, SL., Park, YJ., Hee, MR., and Chung, IM. 2008. Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. vol 56: 7265–7270. doi: <https://doi.org/10.1021/jf8008553>.
- Kues, U and Liu, Y. 2000. Fruiting body production in basidiomycetes. *Applied Microbiology and Biotechnology*. vol 54: 141–152.
- Kumar, SS., Shankar, S., and Mohan, SC. 2016. In vitro antioxidant and antimicrobial activity of polysaccharides extracted from edible mushrooms *Pleurotus florida* and *Agrocybe cylindracea*. *Singapore Journal of Chemical Biology*. vol 6: 17–22. doi: <https://doi.org/10.3923/sjchbio.2017.17.22>.
- Li, K., Zhuo, C., Teng, C., Yu, S., Wang, X., Hu, Y., Ren, G., Yu, M., and Qu, J. 2016. Effects of *Ganoderma lucidum* polysaccharides on chronic pancreatitis and intestinal microbiota in mice. *International Journal of Biological Macromolecules*. vol 93: 904–912. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.029>.
- Mehadi, M., Chowdhury, H., Kubra, K., and Ahmed, SR. 2015. Screening of antimicrobial , antioxidant properties and bioactive compounds of some edible mushrooms cultivated in Bangladesh. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*. vol 14(8): 1–6. doi: <https://doi.org/10.1186/s12941-015-0067-3>.
- Miller, DD. 1989. Calcium in the diet: food sources , recommended intakes , and nutritional bioavailability. *Advances in Food and Nutrition Research*. vol 33: 103–155. doi: [https://doi.org/10.1016/s1043-4526\(08\)60127-8](https://doi.org/10.1016/s1043-4526(08)60127-8).
- Qin, W., Zhiping, T., Haidan, L., Lei, G., Sijie, W.,

- Jinwen, L., and Weizhi, Z. 2010. International Journal of Biological Macromolecules Chemical characterization of *Auricularia auricula* polysaccharides and its pharmacological effect on heart antioxidant enzyme activities and left ventricular function in aged mice. *International Journal of Biological Macromolecules*. vol 46(3): 284–288. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.01.016>.
- Rathore, H., Prasad, S., Kapri, M., Tiwari, A., and Sharma, S. 2019. Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and applications. *Journal of Functional Foods*. vol 56: 182–193. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.016>.
- Sari, M., Prange, A., Lelley, JI., and Hambitzer, R. 2017. Screening of beta-glucan contents in commercially cultivated and wild growing mushrooms. *Food Chemistry*. vol 216: 45–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.010>.
- Siro, I., Emese, K., Ka'polna, B., and Lugasi, A. 2008. Functional food product development, marketing and consumer acceptance-A review. vol 51: 456–467. doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>.
- Synytysya, A and Novák, M. 2013. Structural diversity of fungal glucans. *Carbohydrate Polymers*. vol 92(1): 792–809. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.09.077>.
- Teoh, YP., Don, MM., and Ujang, S. 2012. Nutrient improvement using statistical optimization for growth of *Schizophyllum commune*, and its antifungal activity against wood degrading fungi of rubberwood. *Biotechnology Progress*. 28(1): 232–241. doi: <https://doi.org/10.1002/btpr.714>.
- Wang, Y. 2009. Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International*. vol 42(1): 8–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.09.001>.
- Widyastuti, N., Baruji, T., Giarni, R., Isnawan, H., and Wahyudi, P. 2011. Analisa kandungan beta-glukan larut air dan larut alkali dari tubuh buah jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan Shiitake. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. vol 13(3): 182–191. doi: <https://doi.org/10.29122/jsti.v13i3.894>.
- Sun, YX., Liu, JC., and Kennedy, JF. 2010. Purification, composition analysis and antioxidant activity of different polysaccharide conjugates (APPs) from the fruiting bodies of *Auricularia polytricha*. *Carbohydrate Polymers*. vol 82(2): 299–304. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.04.056>.
- Zhu, F., Du, B., Bian, Z., and Xu, B. 2015. β -Glucans from edible and medicinal mushrooms: Characteristics, physicochemical and biological activities. *Journal of Food Composition and Analysis*. vol 41: 165–173. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.01.019>.
- Zi, Y., Zhang, B., Jiang, B., Yang, X., Liang, Z., Liu, W., He, C., and Liu, L. 2018. Antioxidant action and protective and reparative effects of lentinan on oxidative damage in HaCaT cells. *Journal of Cosmetic Dermatology*. vol 17(6): 1108–1114. doi: <https://doi.org/10.1111/jocd.12488>.