

Daging Kultur Menurut Perspektif Islam: Analisis terhadap Penggunaan ESCs sebagai Sumber Sel Stem

Cultured Meat in Islamic Perspective: An Analysis to the Use of ESCs as Source of Stem Cell

Mohammad Naqib Hamdan (Pengarang Penghubung)
Jabatan Fiqh dan Usul, Akademi Pengajian Islam,
Universiti Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia.
Tel: +60111 28072356 E-mel: naqib.hamdan@gmail.com

Mohd Anuar Ramli
Jabatan Fiqh dan Usul, Akademi Pengajian Islam,
Universiti Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia.
Tel: +603 79676037 E-mel: mohdanuar@um.edu.my

Abstrak

Perkembangan sains dan teknologi telah memberikan pelbagai kemudahan kepada manusia dalam pelbagai aspek kehidupan. Antaranya penghasilan daging tanpa melibatkan penternakan lembu secara konvensional yang dinamakan sebagai daging kultur. Daging ini dihasilkan di dalam makmal dengan mengembangkan sel stem sehingga menjadi daging kultur. Daging ini berpotensi untuk dipasarkan namun perlu menepati prinsip Islam apabila ia ingin dipasarkan kepada pengguna beragama Islam yang diketahui menjadi antara pengguna terbesar dalam pasaran daging. Kajian ini akan melihat konsep daging kultur secara umum, sejarah dan teknik yang digunakan. Seterusnya, pengkaji akan melihat status halal daging kultur berdasarkan sumber Sel Stem Embrio (ESCs) kerana ia adalah sumber terbaik dalam pengkulturan daging. Hasil kajian mendapati jika sel stem diambil dari lembu yang telah disembelih mengikut kaedah yang telah ditetapkan oleh Islam, maka daging kultur tersebut halal dimakan.

Katakunci: Daging Kultur; Sel Stem Embrio (ESC); Sumber Sel Stem; Perspektif Islam

Abstract

The advancement of science and technology has provided various facilities to mankind in various aspects of life. This includes the production of meat without involving conventional cattle breeding known as cultured meat. The meat is produced in the laboratory by expanding the stem cells until the meat becomes cultured. This meat has the potential to be marketed but it has to adhere to the Islamic principles if we wish to market it to Muslim consumers, which are known to be some of the largest consumers in the meat market. This study will look into the concept of cultured meat in general, the history also the technique applied. Next, researcher will look into the halal status of the cultured meat based on the stem cells resources from Embryo Stem Cell (ESCs) because it is the best resource in culturing meat. The study outcome finds that if the stem cells are taken from cows slaughtered according to the method predetermined by Islam, the cultured meat would be halal to eat.

Keywords: Cultured Meat; Embryo Stem Cell (ESC); Source of Stem Cell; Islamic Perspective

Pengenalan

Daging kultur adalah salah satu produk terbaru dalam dunia sains pemakanan. Ia dihasilkan bukan melalui kaedah konvensional penternakan haiwan, tetapi menggunakan teknologi makmal. Malah, ia masih di peringkat kajian makmal dan belum memasuki pasaran pengguna. Para saintis telah menggunakan pelbagai istilah untuk menggambarkan daging kultur. Antara istilah yang digunakan adalah *cultured meat* (H. L. Tuomisto & de Mattos, 2011), *meat produced in vitro using tissue engineering techniques*, *cultured beef* (Post, 2014), *lab-meat* (Coghlan, 2011), *lab-grown meat* (Russell & Giner-Sorolla, 2011), *artificial meat* (Orzechowski, 2015) dan *in-vitro meat* (Zuhaib Fayaz Bhat, Kumar, & Fayaz, 2015). Secara umum, daging kultur adalah daging yang dihasilkan di luar badan haiwan dengan menggunakan teknik pengkulturan, sama ada melalui pengkulturan tisu atau sel stem yang diambil daripada haiwan (Z.F. Bhat, Bhat, & Pathak, 2014). Tisu atau sel stem tersebut kemudiannya diletakkan di dalam medium yang sesuai bagi membolehkan ia membiak dan berkembang sehingga menjadi daging. Medium tersebut mestilah mengandungi segala nutrien, dan tenaga (energy) yang diperlukan oleh tisu atau sel stem untuk terus membiak (Zuhaib Fayaz Bhat et al., 2015). Oleh itu, daging kultur boleh dilihat pada beberapa aspek iaitu sumber, proses penghasilan, medium dan hasil akhir. Pertama, daging kultur mestilah bersumberkan haiwan juga, sama ada daripada tisu atau sel stem haiwan. Kedua, proses penghasilan daging kultur dilakukan secara *ex vivo* iaitu di luar badan haiwan. Ketiga, daging kultur akan dibiakkan di dalam medium yang sesuai. Keempat, pengkulturan daging akan menghasilkan daging juga. Namun, setakat ini, apa yang membezakan terdapat perbezaan antara daging kultur dan daging konvensional adalah dari segi terhadap penampilan fizikalnya yang lebih menyerupai daging cincang.

Sejarah Daging Kultur

Pada tahun 1932, Winston Churchill telah

membuat ramalan pada masa akan datang bahawa daging boleh dihasilkan secara terasing dari badan haiwan (Churchill, 1932). Hakikatnya, idea tersebut bukanlah milik beliau sepenuhnya kerana dua tahun sebelumnya, seorang penulis, Fredrick Edwin Smith telah mendahuluinya (Smith, 1930). Winston juga dipercayai mendapat idea ini dari kawannya (Post, 2014), seorang saintis bernama Alexis Carrel, yang telah berjaya memastikan sel jantung ayam (*embryonic chicken heart*) hidup secara *ex vivo* untuk satu tempoh yang lama (Carrel, 1937). Ia adalah kejayaan pertama seumpamanya. Pada tahun 1943 pula, seorang penulis novel bergenre sains fiksi telah menggambarkan penggunaan daging kultur di restoran dalam novelnya bertajuk *Ravage* (Zuhaib Fayaz Bhat et al., 2015). Disebabkan teknologi pada waktu itu masih tidak mampu mengkulturkan sel atau tisu, maka idea daging kultur ini hanya tinggal impian untuk beberapa dekad. Namun, selepas penemuan sel stem otot oleh Rudnicki (Seale & Rudnicki, 2000) dan ia diketahui mampu membeza dan membiak menjadi sel otot, barulah impian ini kembali bernafas (Post, 2014; Vandenburgh et al., 1996).

Pada tahun 1999, Willem van Eelen yang berasal dari Belanda menjadi saintis pertama yang telah memohon dan mendapat paten di peringkat antarabangsa dan di Amerika Syarikat bagi konsep pemprosesan daging menggunakan teknik pengkulturan daging (Schneider, 2012). Paten tersebut bertajuk *Industrial Production of Meat Using Cell Culture Methods* (Eelen, 1998). Faktor utama yang menyebabkannya beliau sangat berminat mengkaji pengkulturan daging adalah kerana beliau pernah mengalami kebuluran ketika menjadi tahanan perang tentera Jepun pada Perang Dunia ke-2 (Specter, 2011).

Tiga tahun selepas itu, sekumpulan saintis yang diketuai oleh Benjaminson telah berjaya mengkultur tisu otot ikan emas (*Carassius auratus*) dalam bekas petri. Teknik yang digunakan hampir sama dengan teknik Alexis Carrel. Tujuan sebenar kajian beliau adalah untuk mencari sumber makanan alternatif bagi

perjalanan di angkasa lepas untuk satu tempoh yang lama. Kajian beliau telah dibiayai oleh NASA melalui geran *Small Business Innovative Research* (SBIR) dengan nilai sebanyak USD 62 ribu (NASA, 1998). Hasil kajian beliau telah dipersembahkan kepada beberapa orang panel untuk diuji. Daging ikan emas kultur tersebut telah dimasak dengan minyak zaitun dan beberapa jenis rempah. Pihak panel telah menganggap daging tersebut adalah sesuatu yang boleh dimakan (Benjaminson, Gilchrist, & Lorenz, 2002).

Selain itu, Mark Post menjadi saintis pertama menghasilkan daging burger lembu kultur. Daging tersebut telah dimasak dan diuji oleh dua orang panel di Riverside Studios pada 5 Ogos 2013 (Beef, 2013). Panel tersebut adalah Josh Schonwald, penulis buku *The Taste of Tomorrow* dan Hanni Rutzler, pakar nutrisi dari Austria. Kos bagi menghasilkan sekeping daging lembu kultur tersebut (85gram) berharga USD 330,000 dan mengambil masa 3 bulan (Post, 2014). Beliau telah menggunakan sel stem yang diambil dari paha lembu hidup. Menurut Mark Post, daging tersebut sebenarnya tidak mempunyai sebarang warna, dan lebih menyerupai daging ayam berbanding daging lembu. Bagi menjadikannya seperti daging lembu, beliau telah mencampurkan sedikit jus ubi bit merah dan safron supaya daging tersebut berwarna merah. Pihak panel sangat berpuas hati dengan rasa daging tersebut dan mengatakan rasanya hampir sama dengan daging sebenar (Fountain, 2013; Ghosh, 2013; Zaraska, 2013).

Faktor Penghasilan Daging Kultur

Terdapat banyak faktor yang mendorong para saintis untuk menghasilkan daging kultur, antaranya faktor bilangan penduduk dunia yang semakin bertambah dan seterusnya meningkatkan permintaan daging, faktor pencemaran alam sekitar, faktor kebajikan haiwan, mengurangkan kos seperti kos penternakan, pemprosesan dan pengangkutan, dan yang terakhir adalah faktor kesihatan.

Mengikut perkiraan yang dibuat oleh WHO dan beberapa pengkaji lain, bilangan penduduk dunia pada tahun 2014 sudah mencecah 7 bilion (WHO, 2014) dan dijangka akan mencapai 9.7 bilion pada tahun 2050 (Wilson, 2013) dan 11 – 12 bilion pada dekad yang seterusnya (Hem, 1997). Peningkatan populasi penduduk dunia telah menyebabkan permintaan kepada makanan, khususnya daging meningkat. Dianggarkan bahawa penggunaan daging dijangka akan meningkat lebih dua kali ganda, iaitu sekitar 73% dari tahun 1999 dan 2050 (FAO, 2011). Permintaan makanan yang semakin meningkat, khususnya protein, jika tidak dipenuhi, akan banyak masalah kepada manusia. Namun, terdapat alternatif yang pernah dibuat oleh para saintis bagi menghasilkan 'daging' (meat substitute) dari sayuran (Post, 2012), serangga (DeFoliart, 1992) dan daging kultur (Post, 2014).

Peningkatan populasi manusia telah membawa banyak masalah kepada alam sekitar, sama ada secara langsung atau tidak langsung (Hill, 2001). Sebagai contoh, antara tahun 1950 hingga 1990 penggunaan tenaga (*energy*) telah meningkat sebanyak 5 kali ganda, air 3 kali ganda, gandum 2.6 kali ganda, ikan 4.4 kali ganda dan bilangan lembu yang disembelih telah meningkat dari 2.1b (1950) kepada 4.4b (1990). Penghasilan karbon dioksida (CO₂) juga telah meningkat sebanyak 3 kali ganda (Corson, 1994). Antara cara yang dicadangkan adalah dengan penghasilan daging di dalam makmal, iaitu daging kultur. Penghasilan daging kultur tidak memerlukan kepada tanah yang luas, air yang banyak disamping tidak memberikan sebarang pencemaran.

Mengikut kajian di negara-negara Eropah (*European Union*), penternakan haiwan ternakan seperti lembu dan ayam menyebabkan pencemaran alam sekitar yang besar. Antaranya kesan rumah hijau (*Greenhouse Gas - GHG*) 9.1% dan tanah 12.8% (Weiss & Leip, 2012). Berdasarkan perangkaan yang dibuat, jika daging kultur ini berjaya dipasarkan dengan meluas di seluruh Eropah, ia dijangka akan

menurunkan kadar pencemaran GHG (78-96%), penggunaan tanah (99%) dan air (82-96%)(H. L. Tuomisto & de Mattos, 2011; H. Tuomisto & Roy, 2012).

Faktor seterusnya adalah aspek kebajikan haiwan kerana masyarakat Barat sangat menjaganya. Berdasarkan penilaian yang dibuat oleh Dr. Mark Post, kesedaran masyarakat Barat mengenai kebajikan haiwan semakin meningkat. Ia boleh dilihat menerusi peningkatan penulisan-penulisan mengenainya antara tahun 1982-2008(Post, 2014). Jadi, terdapat sebahagian aktivis haiwan yang menerima konsep daging kultur dan mereka menggunakan istilah *victimless meat (terjemahan)* (Zuhaib Fayaz Bhat et al., 2015). Menerusi pengkulturan daging, penyembelihan haiwan boleh dikurangkan dan secara teorinya, satu kilang yang besar, malah satu sel stem sudah boleh memenuhi keperluan daging dunia (Z. F. Bhat & Bhat, 2011; Zuhaib Fayaz Bhat & Fayaz, 2011). Penghasilan daging secara konvensional seperti yang diamalkan pada hari ini melibatkan penggunaan tenaga, tanah, air dan masa yang banyak. Mengikut laporan yang dibuat oleh FAO pada tahun 2006, 30% tanah di dunia ini digunakan untuk penghasilan daging dan 8% air bersih(FAO, 2011). Malah, terdapat kajian menunjukkan sebanyak 50 ribu hingga 100 ribu liter air diperlukan hanya untuk menghasilkan satu kilogram daging lembu sahaja(May, 2012). Ia berbeza dengan daging kultur yang tidak memerlukan masa yang lama, disamping menjimatkan penggunaan tanah dan air.

Melalui pengkulturan daging juga, para saintis boleh 'menyusun' kandungan gizi dan nutrisi yang diperlukan oleh manusia, seterusnya menjadikan daging kultur lebih sihat dan selamat berbanding daging konvensional. Ini kerana, daging dipercayai menjadi punca kepada pelbagai jenis penyakit seperti boleh meningkatkan risiko penyakit jantung, diabetes dan kanser(Larsson & Wolk, 2006; Song, Manson, Buring, & Liu, 2004). Kandungan gizi daging kultur boleh dikawal dengan memanipulasi komposisi bahan dan lemak yang

digunakan sebagai medium pembiakan. Nisbah antara lemak tepu (*saturated fatty acids*) dan tidak tepu (*poly-unsaturated fatty acids*) boleh dikawal dengan baik. Lemak tepu pula boleh digantikan dengan lemak lain yang lebih baik seperti omega-3(Eelen, 1998).

Teknik Pengkulturan Daging

Penghasilan daging kultur dapat dikategorikan pada tiga aspek, iaitu sumber sel stem teknik yang digunakan dan medium pengkulturan. Selain itu, sel stem yang digunakan boleh dibahagikan kepada dua; Sel Embrio (Embryonic Stem Cell - ESCs) dan Sel Stem Dewasa (Adult Stem Cell - ASCs).

Secara umumnya, ESCs adalah pilihan paling tepat untuk menghasilkan daging kultur kerana kemampuannya untuk membiak dan berkembang tanpa batasan (Z. F. Bhat & Bhat, 2011; Zuhaib Fayaz Bhat & Fayaz, 2011; Edelman, McFarland, Mironov, & Matheny, 2005). Malah, secara teori, satu sel stem embrio mampu untuk menghasilkan daging yang boleh memenuhi permintaan manusia seluruh dunia (May, 2012). Namun, disebalik kelebihan yang dimiliki oleh ESCs ini, terdapat beberapa halangan yang dihadapi oleh para saintis dari menggunakan sel ini seperti kekurangan maklumat mengenai 'signal' (cues) yang menjadi faktor ESCs ini berubah menjadi sel otot (Schneider, 2013), kebarangkalian ia menjadi sel kanser (cancerous cell) yang boleh menyebabkan pembentukan tumor ketika ESCs berkembang dan membiak (Datar & Betti, 2010) dan penggunaannya dalam kajian dan pengkulturan daging masih terikat dengan isu etika kerana ia diambil daripada embrio (Langelaan et al., 2010). Sumber kedua pula adalah *Myosatellite Cells* yang merupakan salah satu dari ASCs. Ia boleh 'berubah' menjadi sel otot dan diambil dari beberapa jenis tisu haiwan dewasa (adult tissue) (Wagers & Weissman, 2004). Setakat ini, *myosatellite cells* adalah pilihan paling sesuai kerana ia tidak memerlukan sebarang 'signal' luaran untuk berubah menjadi sel otot. Malah, ia mampu dipisahkan dari haiwan ternakan seperti

lembu (Dodson, Martin, Brannon, Mathison, & McFarland, 1987), khinzir (Wilschut, Jaksani, Van Den Dolder, Haagsman, & Roelen, 2008), ayam (Yablonka-Reuveni, Quinn, & Nameroff, 1987), ikan (Powell, Dodson, & Cloud, 1989) dan kambing biri-biri (Dodson, McFarland, Martin, & Brannon, 1986). Namun, penggunaan ADSs ini mempunyai beberapa kekurangan seperti myosatellite cells tidak boleh dijumpai dengan mudah di dalam tubuh haiwan (Datar & Betti, 2010; Schneider, 2012), Sel ini mempunyai limitasi dalam pengembangan dan pembiakannya yang dinamakan sebagai Hayflick Limit dan pembiakan myosatellite cells untuk satu tempoh yang lama boleh menghasilkan sel yang merbahaya (malignant transformation) (Lazennec & Jorgensen, 2008).

Selain itu, terdapat beberapa teknik yang telah digunakan oleh para saintis dan tiga teknik berjaya menghasilkan daging. Malah, dan satu teknik sahaja yang betul-betul boleh dimakan dan diuji oleh pakar pemakanan. Tiga teknik tersebut adalah *Scaffold Structure*, *Self-Organizing* dan *3D Printing*.

Teknik Scaffold Structure bermula dengan pemisahan (isolation) sel stem daripada tubuh haiwan ternakan seperti lembu atau kambing dan ia akan diletakkan di dalam satu bekas atau bioreaktor yang mengandungi medium kultur yang sesuai, sama ada medium tersebut daripada serum atau berasaskan tumbuhan. Medium tersebut mestilah mempunyai persekitaran, komposisi nutrien dan kimia yang sama dengan keadaan di dalam badan haiwan (in vivo). Sel stem ini akan membiak dan berkembang untuk tempoh beberapa minggu atau bulan menjadi sel otot dan melekat pada rangka (scaffold) yang diletakkan di dalam bioreaktor. Sel ini akan 'berubah' menjadi sel otot dengan 'signal' (cues) dari persekitaran yang ada. Semua sel ini akan digabungkan dan kemudian boleh diproses, dimasak dan dimakan oleh manusia. Namun, antara kekurangan teknik ini adalah ia masih tidak mampu menghasilkan daging seperti yang ada pada badan lembu, iaitu dalam bentuk tiga dimensi (3D). Tetapi,

jika ia ingin dijadikan sebagai produk daging cincang, teknik ini sudah boleh dianggap praktikal (Zuhaib Fayaz Bhat et al., 2015; Datar & Betti, 2010; May, 2012; Smith, 1930).

Teknik kedua pula (Self-Organizing) telah digunakan oleh sekumpulan saintis yang diketuai oleh Benjaminson. Mereka telah mengkulturkan daging ikan emas (*carassius auratus*) dengan mencincangnya dan meletakkan daging tersebut di dalam bekas (petri dish) yang mengandungi medium kultur yang sesuai. Tempoh pengkulturan adalah tujuh hari. Walaupun teknik ini menjanjikan daging kultur yang menyamai daging sebenar, ia masih tidak terlepas dari kekurangan seperti ketiadaan saluran darah untuk membekalkan nutrien kepada sel otot yang berada di tengah-tengah daging. Jika keadaan ini dibiarkan, daging tersebut boleh menjadi beracun (Benjaminson et al., 2002; Dennis & Kosnik, II, 2000).

Teknik terakhir pula telah diperkenalkan oleh Dr. Gabor Forgacs pada tahun 2011 (Lu, 2012). Secara umumnya, daging adalah gabungan dari berbilion sel otot, sel lemak, sel darah dan sebagainya. Maka, melalui mesin pencetak tiga dimensi, 'dakwat' yang akan digunakan adalah sel-sel tadi, dan ia kemudiannya 'dicetak' di atas sehelai 'kertas' yang boleh dihilangkan selepas daging tersebut siap 'dicetak' (Aldous, 2006; Mironov, Boland, Trusk, Forgacs, & Markwald, 2003). Sel-sel tersebut, sama ada sel otot, sel lemak atau sel darah akan dibiakkan di dalam medium kultur, sama seperti teknik pertama.

Pandangan Islam terhadap Daging Kultur Daging Kultur Berdasarkan Penggunaan ESCs sebagai Sumber Sel Stem

ESCs adalah sel embrio haiwan selepas berlakunya persenyawaan antara benih haiwan jantan dan haiwan betina. Berdasarkan sumber sel stem ini, pengkaji melihat ia termasuk di bawah hukum janin. Ini kerana, embrio adalah salah satu dari peringkat pertumbuhan janin. Terdapat hadis Nabi SAW yang menyentuh perkaitan antara sembelihan janin dan sembelihan ibunya.

Sabda Nabi SAW: *Sembelihan janin itu adalah dengan sembelihan ibunya* (Al-Tirmidhi, 1996; Majah, 1998). Berdasarkan hadis ini, terdapat dua perkara penting yang dibincangkan oleh para ulama'.

i.) Janin yang dimaksudkan di dalam hadis merangkumi semua peringkat termasuklah peringkat 'alaqah dan mudghah. Abadi mentakrifkan janin sebagai: Anak yang masih berada di dalam kandungan (Abadi, 2005; Abidin, 1994; Al-Jawhari & Hammad, 1990).

Malah, jika dilihat definisi bahasa janin (جنين),

ia berasal dari kata kerja (جَنَّ) yang membawa maksud terlindung atau tersembunyi. Janin dinamakan begitu kerana ia terlindung atau tersembunyi di dalam perut ibunya (Manzur, n.d.). Maka, embrio yang digunakan dalam pengkulturan daging termasuk di dalam hadis ini kerana embrio adalah salah satu dari peringkat kejadian janin.

ii.) Para sahabat, tabi'in dan jumhur ulama' bersepakat bahawa janin boleh dimakan jika ibunya sudah disembelih, tetapi terdapat sebahagian daripada mereka meletakkan syarat janin tersebut mestilah sudah cukup sifat dengan melihat kepada bulunya. Majoriti ulama' dari mazhab Maliki (Al-Qarafi & Idris, 1994; Al-Qayrawani & Al-Rahman, 1999; Rusyd, 1988), Shafi'i (Al-Mawardi, 1994; Al-Shafi'i, 2001; Al-Shirbini, 1997) dan Hanbali (Al-Buhuti, 2000; Qudamah, 1996, 1997) mengatakan sembelihan janin adalah dengan sembelihan ibunya. Namun, jika janin tersebut keluar dalam keadaan masih hidup, ia mesti disembelih. Pendapat ini juga diriwayatkan dari Saidina 'Umar ra, Saidina 'Ali ra, Sa'id bin al-Musayyib, al-Nakh'i dan Ishaq (Al-Khattabi, 1997; Ibn 'Abd al-Barr, 1993). Mereka menggunakan hujah daripada al-Qur'an, hadis Nabi (s.a.w), qiyas dan hujah akal.

Hujah dari al-Qur'an yang digunakan adalah firman Allah (s.w.t): *Wahai orang-orang yang beriman, penuhi serta sempurnakanlah*

perjanjian-perjanjian. Dihalalkan bagi kamu (memakan) binatang-binatang ternak (dan sebagainya), kecuali apa yang akan dibacakan (tentang haramnya) kepada kamu. (Halalnya binatang-binatang ternak dan sebagainya itu) tidak pula bererti kamu boleh menghalalkan perburuan ketika kamu dalam keadaan berihram. Sesungguhnya Allah menetapkan hukum apa yang Dia kehendaki (Quran, 5:1).

Menurut mereka, apa yang dimaksudkan dengan (بهيمة الأنعام) dalam ayat di atas adalah janin haiwan. Janin ini akan menjadi halal dengan sembelihan ibunya. Tafsiran ini diriwayatkan dari Ibn 'Abbas RA dan Ibn 'Umar RA (Al-Mawardi, 1994; Al-Tabari, n.d.).

Mereka juga mengqiyaskan janin dengan anggota badannya yang lain. Setiap anggota badannya hanya boleh dimakan selepas haiwan tersebut disembelih. Begitu juga dengan janin kerana janin adalah sebahagian dari badan haiwan tersebut. Buktinya, nyawa janin tersebut bergantung kepada nyawa ibunya (Abadi, 2005; Al-Mawardi, 1994).

Hujah akal yang digunakan pula adalah sembelihan haiwan bergantung kepada keadaan dan situasi haiwan yang ingin disembelih. Contohnya, jika haiwan yang diburu terjatuh dan tersumbat pada lubang atau perigi, maka sembelihan baginya adalah pada anggota yang berbaki sekiranya leher tidak boleh disembelih. Begitu juga dengan janin kerana adalah mustahil untuk menyembeliknya kerana ia berada di dalam perut ibunya. Maka, sembelihannya disandarkan kepada sembelihan ibunya (Al-Buhuti, 2000; Al-Mawardi, 1994; Al-Sarakhsi, n.d.; Qudamah, 1996, 1997).

Satu lagi perkara yang penting adalah mengenai pengecualian *nutfah al-amshaj* (نطفة الأمشاج), 'alaqah (علقة) dan mudghah (مضغة). Mereka bersepakat bahawa *nutfah al-amshaj* dan 'alaqah adalah haram dimakan kerana ia adalah 'segumpal darah' (Al-Kasani, 1986; Al-

Mawardi, 1994; Al-Shirbini, 1997; Al-Zayla‘i, 1897) dan pengharaman memakan darah disebutkan dengan jelas di dalam al-Qur‘an (Quran, 5:3). *Mudghah* juga diharamkan oleh mazhab Maliki kerana ia masih belum ditumbuhi rambut. Mazhab Shafi‘i pula mempunyai dua pendapat, sebahagian mengatakan ia boleh dimakan dan sebahagian lagi tidak membenarkannya (Al-Mawardi, 1994).

Embrio yang digunakan untuk mengambil sel stem masih berada pada peringkat *nutfah al-amshaj* atau *‘alaqah* kerana sel-sel tersebut masih belum membeza (*differentiate*) menjadi apa-apa sel, termasuklah sel daging. Peringkat *mudghah* pula adalah selepas sel tersebut mempunyai sel-sel daging. Ini berdasarkan komentar *mufasssirin* mengenai maksud *‘alaqah* dan *mudghah*. Menurut mereka, *‘alaqah* itu adalah segumpal darah beku, dan *mudghah* itu adalah seketul daging pada kadar yang boleh dikunyah (Al-Baghawi, 1990; Al-Qurtubi, 2006; Ibn ‘Atiyyah, 2001; Ibn Kathir, 1999).

Jadi, berdasarkan komentar ulama‘ ini, pengkaji mendapati bahawa embrio adalah najis kerana ia adalah seketul daging beku. Namun, timbul pula persoalan di sini, adakah penggunaan embrio sebagai sumber sel stem akan menjadikan daging kultur ini najis kerana ia telah berubah fizikalnya kepada daging?

Pengkaji mentarjihkan bahawa daging kultur yang dihasilkan dari sumber ESCs adalah suci kerana ia telah berubah sifat dari darah yang najis kepada daging yang suci. Namun, satu syarat yang perlu dipenuhi adalah ia mesti diambil dari haiwan halal yang sudah disembelih. Hal ini telah disebutkan oleh ulama‘ bahawa apabila *‘alaqah* berubah menjadi *mudghah*, maka ia akan menjadi suci bagi pihak yang menganggap *mudghah* suci. Manakala bagi pihak yang menganggap *mudghah* najis, maka ia menjadi suci apabila berubah menjadi janin yang cukup sifat (Al-Ansari, 1997; Ibn Nujaym, n.d.).

Kesimpulan

Daging kultur adalah salah satu dari produk baru yang berjaya dicipta oleh manusia selari dengan perkembangan sains dan teknologi dalam kehidupan manusia. Malah, terdapat banyak lagi produk dan ciptaan lain yang dicipta oleh saintis. Sebagai orang Islam, setiap produk dan ciptaan ini mestilah mempunyai jawapan dari perspektif Islam, sama ada ia menepati kehendak syarak atau tidak. Ini penting kerana produk dan ciptaan ini akan digunakan oleh umat Islam dalam kehidupan seharian mereka. Namun, apa yang membezakan antara orang Islam dengan bukan Islam adalah setiap perbuatan kita mestilah selari dengan peraturan yang telah digariskan oleh Allah SWT melalui panduan nabiNya atau kitab yang diturunkanNya.

Maka, setiap teknologi dan kemajuan yang ingin dihasilkan mestilah ditapis. Disebabkan pengkulturan daging adalah perkara baru yang tidak pernah dibincangkan oleh para fuqaha‘ klasik, maka para fuqaha‘ kontemporari perlu mencari dan menyediakan jawapan bagi setiap teknologi yang ingin diambil sama ada ia menepati kehendak syarak atau tidak. Ini kerana, Islam adalah satu agama yang mempunyai jawapan dan penyelesaian bagi setiap perkara yang timbul. Justeru, ijtihad kontemporari sangat perlu dalam menjawab setiap persoalan yang timbul, terutamanya yang berkaitan dengan penemuan baru sains dan teknologi.

Pengkaji juga mencadangkan supaya satu analisis berkaitan penggunaan ASCs dalam pengkulturan daging di samping kesan medium kultur yang digunakan dalam mempengaruhi status halal daging kultur yang dihasilkan.

Rujukan

Abadi, M. A. bin A. bin ‘Ali. (2005). Awn al-Ma‘bud ‘ala Sharh Sunan Abi Dawud,. In Al-Albani & Al-Athari (Eds.), . Beirut: Dar Ibn Hazm.

Abidin, I. (1994). Radd al-Muhtar ‘ala al-Durr al-Mukhtar Sharh Tanwir al-Absar. In Al-Mawjud (Ed.), . Beirut: Dar al-Kutub al-

‘Ilmiyyah.

Abu Dawud, S. bin al-A. (1997). Sunan Abi Dawud. In I. ‘Ubayd Al-Da‘‘as & A. Al-Sayyid (Eds.), . Beirut: Dar Ibn Hazm.

Al-‘Asqalani, A. bin ‘Ali bin H. (2001). Fath al-Bari. In A. al-Q. S. Al-Hamd (Ed.), . Riyad.

Al-‘Ayni, M. bin A. (1990). al-Binayah fi Sharh al-Hidayah. Beirut: Dar al-Fikr.

Al-‘Ayni, M. bin A. (2007). Minhah al-Suluk fi Sharh Tuhfah al-Muluk. In A. ‘Abd al-R. ‘Abdullah Al-Kaybasi (Ed.), . Qatar: Kementerian Wakaf dan Hal Ehwal Islam.

Al-Ansari, Z. bin M. (1997). al-Ghurar al-Bahiyah fi Sharh Manzumah al-Bahjah al-Wardiyah. In M. ‘Abd al-Q. ‘Ata (Ed.), . Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyyah.

Al-Baghawi, A.-H. bin M. al-B. (1990). Ma‘alim al-Tanzil. In M. ‘Abdullah Al-Namr, U. J. Dumayriyyah, & S. M. Al-Harash (Eds.), . Riyad: Dar Tibah.

Al-Bayhaqi, A. bin al-H. bin ‘Ali. (2003). Al-Sunan al-Kubra. In M. ‘Abd al-Q. ‘Ata (Ed.), . Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyyah.

Al-Buhuti, M. bin Y. bin I. al-B. (2000). Sharh Muntaha al-Iradat Daqa’iq Uli al-Nahy li Sharh al-Muntaha. In A. bin ‘Abd al-M. Al-Turki (Ed.), . Beirut: Muassasah al-Risalah.

Aldous, P. (2006). Print Me a Heart and a Set of Arteries. In *New Scientist* (p. 19).

Al-Fawzan, S. bin F. bin ‘Abdullah. (1988). al-At‘‘imah wa Ahkam al-Sayd wa al-Dhaba’‘ih. Riyad: Maktabah al-Ma‘arif.

Al-Jawhari, & Hammad, I. bin. (1990). Al-Sihah Taj al-Lughah wa al-Sihah al-Arabiyyah. In Attar (Ed.), (4th ed.). Kaherah: Dar al-Ilm li al-Malayin.

Al-Juwayni, A. al-M. bin ‘Abdillah bin Y. (2007). Nihayah al-Matlab fi Dirayah al-Madhhab. In A. al-‘Azim M. Al-Dib (Ed.), . Jeddah: Dar al-Minhaj.

Al-Kasani, A. al-D. A. B. bin M. (1986). Badai‘ al-Sanai‘ fi Tartib al-Sharai‘. Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyyah.

Al-Khattabi. (1997). Ma‘alim al-Sunan. In I. ‘Ubayd Al-Da‘‘as & A. Al-Sayyid (Eds.), . Beirut: Dar Ibn Hazm.

Al-Mawardi, A. bin M. bin H. (1994). al-Hawi al-Kabir fi Fiqh Madhhab al-Imam al-Shafi‘i. In A. M. Mu‘awwad & A. A. ‘Abd Al-Mawjud (Eds.), . Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyyah.

Al-Mubarakfuri, A. al-R. bin ‘Abd al-R. (t.t.). Tuhfah al-Ahwadhi bi Sharh al-Jami ‘al-Tirmidhi. In A. al-W. ‘Abd Al-Latif (Ed.), . Beirut: Dar al-Fikr.

Al-Nawawi, M. al-D. bin S. (t.t.). Al-Majmu‘ Sharh al-Muhadhdhab. In M. N. Al-Muti‘i (Ed.), . Jeddah: Maktabah al-Irshad.

Al-Qarafi, & Idris, S. al-D. A. bin. (1994). Al-Dhakhirah. In Muhammad Bukhubzah (Ed.), . Beirut: Dar al-Gharb al-Islami.

Al-Qayrawani, & Al-Rahman, A. bin ‘Abd. (1999). al-Nawadir wa al-Ziyadat ‘ala ma fi al-Mudawwanah min Ghayriha min al-Ummahat. In M. Hajji (Ed.), . Beirut: Dar al-Gharb al-Islami.

Al-Qurtubi. (1996). al-Mufhim lima Ashkala min Talkhis Kitab Muslim. In M. al-D. D. Mistu (Ed.), . Damascus: Dar Ibn Kathir.

Al-Qurtubi, M. bin A. bin A. B. (2006). Al-Jami‘ li Ahkam al-Qur’an. In A. bin ‘Abd al-M. Al-Turki (Ed.), . Beirut: Muassasah al-Risalah.

Al-Rafi‘i, A. al-K. M. bin ‘Abd al-K. (1997). al-‘Aziz Sharh al-Wajiz al-Ma‘ruf bi al-Sharh al-Kabir. In A. M. Mu‘awwad & A. A. ‘Abd

- Al-Mawjud (Eds.), . Beirut: Dar al-Kutub al-‘Ilmiyyah.
- Al-Sarakhsi, S. al-D. (t.t.). al-Mabsut. Beirut: Dar al-Ma‘rifah.
- Al-Shafi’i, M. bin I. (2001). al-Umm. In R. Fawzi (Ed.), . Mansurah: Dar al-Wafa’.
- Al-Shawkani, M. bin ‘Ali. (2006). Nayl al-Awtar min Asrar Muntaqa al-Akhbar. In M. S. bin H. Hallaq (Ed.), . Dammam: Dar Ibn al-Jawzi.
- Al-Shirbini, M. bin al-K. (1997). Mughni al-Muhtaj ila Ma‘rifah Alfaz al-Minhaj. In M. K. ‘Aytani (Ed.), . Beirut: Dar al-Ma‘rifah.
- Al-Tabari, M. bin J. (t.t.). Jami“ al-Bayan ‘an Ta’wil Ayi al-Qur”an. In M. M. Shakir & A. M. Shakir (Eds.), . Cairo: Maktabah Ibn Taimiyyah.
- Al-Tirmidhi, M. bin ‘Isa bin S. (1996). Sunan al-Tirmidhi. In al-Albani et al. (Ed.), (p. 350). Riyad: Maktabah al-Ma‘arif.
- Al-Zayla‘i, U. bin ‘Ali. (1897). Tabyin al-Haqa’iq Sharh Kanz al-Daqa’iq. Cairo: Matba‘ah al-Kubra al-Amiriyyah.
- Anas, M. bin. (t.t.). al-Mudawwanah al-Kubra. Riyad: Kementerian Hal Ehwal Islam, Wakaf, Dakwah dan Irshad.
- Anas, M. bin. (1997). al-Muwatta’. In Bashshar ‘Awwad Ma‘ruf (Ed.), . Beirut: Dar al-Gharb al-Islami.
- Beef, C. (2013). Burger Tasting London. Retrieved November 17, 2014, from http://www.youtube.com/watch?v=_Cy2x2QR968
- Beer, E. (2014). Global Halal Market to Hit 1.6tn USD by 2018. Retrieved October 7, 2014, from <http://www.foodnavigator.com/Regions/Middle-East/Global-Halal-market-to-hit-1.6tn-by-2018>
- Benjaminson, M. a., Gilchrist, J. a., & Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1, fish. *Acta Astronautica*, 51(12), 879–889. [http://doi.org/10.1016/S0094-5765\(02\)00033-4](http://doi.org/10.1016/S0094-5765(02)00033-4)
- Bhat, Z. F., & Bhat, H. (2011). Animal-free meat biofabrication. *American Journal of Food Technology*, 6(6), 441–459. <http://doi.org/10.3923/ajft.2011.441.459>
- Bhat, Z. F., Bhat, H., & Pathak, V. (2014). Prospects for In Vitro Cultured Meat – A Future Harvest. *Principles of Tissue Engineering (Fourth Edi)*. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-398358-9.00079-3>
- Bhat, Z. F., & Fayaz, H. (2011). Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 125–140. <http://doi.org/10.1007/s13197-010-0198-7>
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Fayaz, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 241–248. [http://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60887-X](http://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60887-X)
- Carrel, a. (1937). the Culture of Whole Organs : I. Technique of the Culture of the Thyroid Gland. *The Journal of Experimental Medicine*, 65(4), 515–26. <http://doi.org/10.1084/jem.65.4.515>
- Churchill, W. S. (1932). *Thoughts and Adventures*. London: Thornton Butterworth.
- Coghlan, A. (2011). Meat without slaughter. *New Scientist*, 211(2828), 8–9. [http://doi.org/10.1016/S0262-4079\(11\)62126-X](http://doi.org/10.1016/S0262-4079(11)62126-X)
- Corson, W. H. (1994). Changing course: An outline of strategies for a sustainable future. *Futures*, 26(2), 206–223. [http://doi.org/10.1016/0016-3287\(94\)90110-4](http://doi.org/10.1016/0016-3287(94)90110-4)
- Datar, I., & Betti, M. (2010). Possibilities for an in vitro meat production system. *Innovative Food*

- Science & Emerging Technologies, 11(1), 13–22. <http://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.007>
- DeFoliart, G. R. (1992). Insects as human food. *Crop Protection*, 11(5), 395–399. [http://doi.org/10.1016/0261-2194\(92\)90020-6](http://doi.org/10.1016/0261-2194(92)90020-6)
- Dennis, R. G., & Kosnik, II, P. E. (2000). Excitability And Isometric Contractile Properties Of Mammalian Skeletal Muscle Constructs Engineered In Vitro. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Animal*, 36(5), 327–335. [http://doi.org/10.1290/1071-2690\(2000\)036<0327:EAICPO>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1290/1071-2690(2000)036<0327:EAICPO>2.0.CO;2)
- Dodson, M. V, Martin, E. L., Brannon, M. A., Mathison, B. A., & McFarland, D. C. (1987). Optimization of bovine satellite cell-derived myotube formation in vitro. *Tissue & Cell*, 19(2), 159–66. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3590147>
- Dodson, M. V., McFarland, D. C., Martin, E. L., & Brannon, M. A. (1986). Isolation of satellite cells from ovine skeletal muscles. *Journal of Tissue Culture Methods*, 10(4), 233–237. <http://doi.org/10.1007/BF01404483>
- Edelman, P. D., McFarland, D. C., Mironov, V. A., & Matheny, J. G. (2005). Commentary: In vitro-cultured meat production. *Tissue Engineering*, 11(5-6), 659–62. <http://doi.org/10.1089/ten.2005.11.659>
- Eelen, V. (1998). Industrial Scale Production of Meat From Cell Culture. Retrieved October 24, 2014, from <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO1999031222>
- FAO. (2011). *Livestock's Long Shadows - Environmental Issues and Options*. Rome: FAO.
- Fountain, H. (2013). A Lab-Grown Burger Gets a Taste Test. Retrieved November 7, 2014, from http://www.nytimes.com/2013/08/06/science/a-lab-grown-burger-gets-a-taste-test.html?_r=0
- Ghosh, P. (2013). World's First Lab-Grown Burger is Eaten in London. Retrieved from <http://www.bbc.com/news/science-environment-23576143>
- Hanbal, A. bin M. bin. (1995). *Al-Musnad*. In S. Al-Arna'ut (Ed.), . Beirut: Muassasah al-Risalah.
- Hem, W. M. (1997). Is human culture oncogenic for uncontrolled population growth and ecological destruction ?, 2(11).
- Hill, C. (2001). Human Population Numbers As A Function Of Food Supply Russell Hopfenberg 1* And David Pimentel 2, 3(919), 1–15.
- Ibn 'Abd al-Barr, Y. bin 'Abdullah I. M. (1993). *al-Istidhkar*. In A. al-M. A. Qal'aji (Ed.), . Beirut and Cairo: Dar Qutaybah and Dar al-Wa'y.
- Ibn 'Atiyyah, M. 'Abd al-H. bin G. (2001). *Al-Muharrar al-Wajiz fi Tafsir al-Kitab al-'Aziz*. In A. al-S. 'Abd al-S. Muhammad (Ed.), . Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah.
- Ibn Kathir, I. bin 'Umar bin K. (1999). *Tafsir al-Qur'an al-'Azim*. In S. bin M. Al-Salamah (Ed.), . Riyadh: Dar Tibah.
- Ibn Mazih, M. bin A. bin 'Abd al-'Aziz. (2004). *al-Muhit al-Burhani fi al-Fiqh al-Nu'mani*. In A. al-K. S. Al-Jundi (Ed.), . Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah.
- Ibn Nujaym, Z. al-D. (t.t.). *No Tial-Bahr al-Ra'iq Sharh Kanz al-Daqa'iq*. Cairo: Dar al-Kutub al-'Arabiyyah al-Kubra.
- Jochems, C. E. a, Van der Valk, J. B. F., Stafleu, F. R., & Baumans, V. (2002). The use of fetal bovine serum: Ethical or scientific problem? *ATLA Alternatives to Laboratory Animals*, 30(2), 219–227.
- Kuwait, K. W. (1986). *al-Dhaba'ih*. In al-Mawsu'ah al-Fiqhiyyah al-Kuwaitiyyah (pp. 171–204). Dhat al-Salasil.

- Langelaan, M. L. P., Boonen, K. J. M., Polak, R. B., Baaijens, F. P. T., Post, M. J., & van der Schaft, D. W. J. (2010). Meet the new meat: tissue engineered skeletal muscle. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 59–66. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.11.001>
- Larsson, S. C., & Wolk, A. (2006). Meat consumption and risk of colorectal cancer: A meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Cancer*, 119(11), 2657–2664. <http://doi.org/10.1002/ijc.22170>
- Lazennec, G., & Jorgensen, C. (2008). Concise review: adult multipotent stromal cells and cancer: risk or benefit? *Stem Cells (Dayton, Ohio)*, 26(6), 1387–94. <http://doi.org/10.1634/stemcells.2007-1006>
- Lu, S. (2012). Gabor Forgacs: In vitro meat – it’s what’s for dinner! Retrieved October 13, 2014, from <http://blog.tedmed.com/?p=585>
- Majah, I. (1998). *Kitab al-Dhaba’ih, Bab Dhakah al-Janin Dhakah Ummihi*. In Sunan Ibn Majah. Beirut: Dar al-Jil.
- Manzur, I. (t.t.). *Lisan al-Arab*. In Al-Kabir & A. Ali (Eds.), . Kaherah: Dar al-Maarif.
- May, A. (2012). *In Vitro Meat: Protein for Twelve Billion*.
- McFarland, D. C., Doumit, M. E., & Minshall, R. D. (1988). The turkey myogenic satellite cell: optimization of in vitro proliferation and differentiation. *Tissue & Cell*, 20(6), 899–908. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3245037>
- Mironov, V., Boland, T., Trusk, T., Forgacs, G., & Markwald, R. R. (2003). Organ printing: computer-aided jet-based 3D tissue engineering. *Trends in Biotechnology*, 21(4), 157–61. [http://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00033-7](http://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00033-7)
- NASA. (1998). *Small Business Innovative Research (SBIR)*. Retrieved November 7, 2014, from <http://sbir.gsfc.nasa.gov/SBIR/abstracts/98/sbir/phase1/SBIR-98-1-09.05-6812.html>
- Orzechowski, A. (2015). Artificial meat? Feasible approach based on the experience from cell culture studies. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 217–221. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60882-0](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60882-0)
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat Science*, 92(3), 297–301. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.008>
- Post, M. J. (2014). Cultured beef: medical technology to produce food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6), 1039–1041. <http://doi.org/10.1002/jsfa.6474>
- Powell, R. L., Dodson, M. V., & Cloud, J. G. (1989). Cultivation and differentiation of satellite cells from skeletal muscle of the rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Journal of Experimental Zoology*, 250(3), 333–338. <http://doi.org/10.1002/jez.1402500314>
- Qudamah, I. (1996). *al-Sharh al-Kabir*. In A. bin ‘Abd al-M. Al-Turki (Ed.), . Giza: Hajar li al-Tiba‘ah.
- Qudamah, I. (1997). *al-Mughni*. In A. bin ‘Abd al-M. Al-Turki & A. al-F. M. Halw (Eds.), . Riyad: Dar ‘Alam al-Kutub.
- Russell, P. S., & Giner-Sorolla, R. (2011). Moral anger, but not moral disgust, responds to intentionality. *Emotion*, 11(2), 233–240. <http://doi.org/10.1037/a0022598>
- Rusyd, I. (1988). *al-Bayan wa al-Tahsil wa al-Sharh wa al-Tawjih wa al-Ta‘lil fi Masa’il al-Mustakhrajah*. In A. Al-Habbabi (Ed.), . Beirut: Dar al-Gharb al-Islami.
- Schneider, Z. (2012). *In Vitro Meat: Space Travel, Cannibalism, and Federal Regulation*. *Houston Law Review*, 50. Retrieved from

- <http://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/hulr50&id=1015&div=&collection=journals>
- Schneider, Z. (2013). 50:3 In Vitro Meat: Space Travel, Cannibalism, and Federal Regulation |. Retrieved October 7, 2015, from <http://www.houstonlawreview.org/2013/04/09/503-in-vitro-meat-space-travel-cannibalism-and-federal-regulation/>
- Seale, P., & Rudnicki, M. a. (2000). A New Look at the Origin, Function, and “Stem-Cell” Status of Muscle Satellite Cells. *Developmental Biology*, 218(2), 115–124. <http://doi.org/10.1006/dbio.1999.9565>
- Smith, F. E. (1930). *The World in 2030 A.D.* London: Hodder and Stoughton.
- Song, Y., Manson, J. E., Buring, J. E., & Liu, S. (2004). A prospective study of red meat consumption and type 2 diabetes in middle-aged and elderly women: the women’s health study. *Diabetes Care*, 27(9), 2108–15. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15333470>
- Specter, M. (2011). Test-tube Burgers. Retrieved November 6, 2014, from <http://www.newyorker.com/magazine/2011/05/23/test-tube-burgers>
- Tuomisto, H. L., & de Mattos, M. J. T. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–23. <http://doi.org/10.1021/es200130u>
- Tuomisto, H., & Roy, A. (2012). Could cultured meat reduce environmental impact of agriculture in Europe? 8th International Conference on LCA in ..., (October), 2–4. Retrieved from <http://www.mdpi.com/2076-2615/3/3/647>
http://www.researchgate.net/publication/255179690_Could_cultured_meat_reduce_environmental_impact_of_agriculture_in_Europe/file/504635200b0f43e488.pdf
- Vandenburgh, H., Del Tatto, M., Shansky, J., Lemaire, J., Chang, A., Payumo, F., ... Raven, L. (1996). Tissue-engineered skeletal muscle organoids for reversible gene therapy. *Human Gene Therapy*, 7(17), 2195–2200. <http://doi.org/10.1089/hum.1996.7.17-2195>
- Wagers, A. J., & Weissman, I. L. (2004). Plasticity of adult stem cells. *Cell*, 116(5), 639–48. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15006347>
- Weiss, F., & Leip, A. (2012). Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: A life cycle assessment carried out with the CAPRI model. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 149, 124–134. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2011.12.015>
- WHO. (2014). Urban Population Growth. Retrieved October 3, 2014, from http://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/
- Wilschut, K. J., Jaksani, S., Van Den Dolder, J., Haagsman, H. P., & Roelen, B. A. J. (2008). Isolation and characterization of porcine adult muscle-derived progenitor cells. *Journal of Cellular Biochemistry*, 105(5), 1228–39. <http://doi.org/10.1002/jcb.21921>
- Wilson, S. (2013). World population to reach 9.7 billion by 2050 new study predicts. Retrieved October 3, 2014, from <http://www.telegraph.co.uk/earth/10348822/World-population-to-reach-9.7-billion-by-2050-new-study-predicts.html>
- Yablonka-Reuveni, Z., Quinn, L. S., & Nameroff, M. (1987). Isolation and clonal analysis of satellite cells from chicken pectoralis muscle. *Developmental Biology*, 119(1), 252–9. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4128172&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Zaraska, M. (2013). Lab-Grown Beef Taste Test: “Almost” Like a Burger. Retrieved

November 7, 2014, from http://www.washingtonpost.com/national/health-science/lab-grown-beef-taste-test-almost-like-a-burger/2013/08/05/921a5996-fdf4-11e2-96a8-d3b921c0924a_story.html

