

# Dagli allevamenti intensivi all'agricoltura cellulare

Parere del Comitato Etico di Fondazione Umberto Veronesi  
a sostegno dello sviluppo e diffusione di tecniche  
finalizzate alla produzione di carne e altri derivati animali  
da colture di cellule staminali



**Fondazione  
Umberto Veronesi**  
– per il progresso  
delle scienze

**Comitato Etico**

## I COMPONENTI DEL COMITATO ETICO

**Carlo Alberto Redi, Presidente**

Professore di Zoologia e Biologia della Sviluppo, Università degli Studi di Pavia

**Giuseppe Testa, Vicepresidente**

Professore di Biologia Molecolare, Università degli Studi di Milano

**Guido Bosticco**

Giornalista e Professore presso il Dipartimento degli Studi Umanistici, Università degli Studi di Pavia

**Roberto Defez**

Responsabile del laboratorio di biotecnologie microbiche, Istituto di Bioscienze e Biorisorse del CNR di Napoli

**Domenico De Masi**

Sociologo e Professore emerito di Sociologia del lavoro, Università La Sapienza Roma

**Giorgio Macellari**

Chirurgo Senologo Docente di Bioetica, Scuola di Specializzazione in Chirurgia di Parma

**Telmo Pievani**

Professore di Filosofia delle Scienze Biologiche, Università degli Studi di Padova

**Luigi Ripamonti**

Medico e Responsabile Corriere Salute, Corriere della Sera

**Giuseppe Remuzzi**

Direttore dell'Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri IRCCS

**Alfonso Maria Rossi Brigante**

Presidente Onorario della Corte dei Conti

**Cinzia Caporale, Presidente Onorario**

Responsabile della Sezione di Roma dell'Istituto di Tecnologie Biomediche e Coordinatore della Commissione per l'Etica della Ricerca e la Bioetica del CNR

**Giuliano Amato, Presidente Onorario**

Giudice Costituzionale, già Presidente del Consiglio dei ministri

## Introduzione

L'attuale modello di produzione e consumo intensivo di carne è eticamente ed ecologicamente insostenibile. Ogni anno negli odierni allevamenti intensivi perdono la vita decine di miliardi di esseri senzienti capaci di provare dolore ed emozioni complesse, spesso dopo un'esistenza trascorsa in totale cattività.<sup>ii</sup> Inoltre, la coesistenza forzata di migliaia di esemplari in spazi ristretti costituisce un pericolo per la salute pubblica, sia perché richiede un utilizzo massiccio di antibiotici, sia perché facilita il contagio tra animali e animali e tra animali e uomo, come nei casi dell'"influenza aviaria".<sup>iii</sup> Evidenze convergenti suggeriscono poi che, se sommato ad altri fattori, un eccessivo consumo di carne, specialmente se processata, aumenti significativamente il rischio di sviluppare patologie come il tumore del colon e malattie cardiovascolari.<sup>iv</sup> Infine, molteplici studi hanno dimostrato che l'allevamento intensivo di animali è una causa importante dell'emissione di gas ad effetto serra, del consumo di suolo e dell'elevato consumo di acqua, nonché di altre criticità legate allo smaltimento dei liquami eccedenti.<sup>v</sup>

I problemi relativi alla produzione intensiva di carne su scala globale sono quindi evidenti, ma sono destinati a esacerbarsi a causa dell'aumento della popolazione mondiale e della concomitante uscita di miliardi di individui da una condizione di povertà cronica. Secondo le stime, nel 2050 la popolazione mondiale potrebbe superare i nove miliardi di individui, con un conseguente incremento nella domanda di cibo e quindi di prodotti animali.<sup>vi</sup> Nonostante nei paesi più ricchi si assista a un lieve rallentamento nel consumo di tali alimenti, globalmente il loro consumo è però in crescita a seguito dell'espansione della classe media in paesi come Cina e, in parte, India.<sup>vii</sup> Secondo un rapporto FAO, nei prossimi anni la domanda di carne porterà la produzione quasi a raddoppiare, passando da 258 milioni di tonnellate nel 2005/2007 a 455 milioni di tonnellate nel 2050, ponendo nuove sfide per la salute umana, il benessere animale e l'ambiente.

Tra le soluzioni proposte per fronteggiare tale scenario, una delle più innovative prevede lo sviluppo di tecniche finalizzate alla produzione di carne e altri derivati animali da colture di cellule staminali (CS). In una prima fase le CS vengono coltivate e fatte proliferare in specifici bioreattori (i.e. incubatori) sino a determinate concentrazioni; in una seconda fase, l'aggiunta di specifici fattori di differenziamento al mezzo di coltura induce le CS a differenziarsi in cellule che crescono sino a formare muscoli scheletrici o altri tessuti. È così possibile la produzione diretta di carne e burger prodotti in laboratorio, grazie alla moltiplicazione cellulare delle CS prodotte da poche cellule prelevate dalla pelle o dal muscolo di un animale. Questi prodotti alimentari non hanno mai visto

nella loro filiera produttiva un solo animale costretto a sofferenze e condizioni incompatibili con le proprie caratteristiche di specie. Essendo identica a livello molecolare, perché composta interamente da cellule animali, la carne coltivata da CS ambisce quindi a proporsi come un prodotto sufficientemente simile sul piano organolettico alla carne ottenuta da allevamenti intensivi, con il vantaggio di avere, però, un impatto assai minore in termini di sofferenze inflitte, risorse richieste ed emissioni prodotte.

In tale contesto, il presente parere di indirizzo intende analizzare le principali implicazioni etico-sociali relative alla produzione, messa in commercio e consumo di carne e derivati animali ottenuti da colture di CS, avanzando una serie di raccomandazioni utili ad avviare un dibattito pubblico scientificamente informato, ad indirizzare le scelte dei cittadini fornendo loro conoscenze e argomentazioni nonché ad attivare i decisori politici perché venga definito un quadro di regole specifico. A parere del Comitato Etico della Fondazione Umberto Veronesi, infatti, lo sviluppo e l'adozione di tecniche per la produzione di carne da CS animali potrebbe rappresentare un passo importante - seppur all'interno di un quadro strategico più articolato - per costruire un futuro migliore per l'umanità, rispettoso delle altre specie animali e dell'ecosistema del pianeta.

### **(1) Sviluppo delle tecniche di coltura cellulare per scopi alimentari**

A partire dal primo '900, gli scienziati hanno sviluppato diverse tecniche di coltura cellulare attraverso le quali è possibile far sopravvivere e moltiplicare cellule animali o vegetali *in vitro*, e cioè in laboratorio.<sup>viii</sup> Nel corso dell'ultimo secolo tali tecniche sono state utilizzate per studiare diversi processi biochimici e fisiologici; per sperimentare l'effetto di farmaci e sostanze a livello cellulare; per comprendere e manipolare la formazione di tessuti biologici; e per produrre sostanze biologiche su scala industriale, come nel caso del vaccino per la poliomielite negli anni '50. Oggi l'utilizzo di tecniche di coltura cellulare e di ingegneria dei tessuti è prassi comune e consolidata nelle scienze della vita, nella ricerca biomedica e nell'industria biotecnologica.

Il tentativo di coltivare cellule animali su scala industriale per fini alimentari è, invece, molto più recente. Con l'obiettivo di testare nuove modalità di produzione di cibo per astronauti, nel 2002 un gruppo di ricerca dell'Università di Touro a New York ha dimostrato per primo la possibilità di far crescere strisce di fibre muscolari prelevate dai comuni pesci rossi.<sup>ix</sup> Da allora sono state condotte diverse linee di ricerca, fino ad arrivare, il 5 agosto 2013, alla presentazione a Londra del primo "hamburger" costituito in-

teramente da cellule di carne bovina coltivate in laboratorio. Per ottenere questo risultato il gruppo di ricerca coordinato da Mark Post all'Università di Maastricht ha prelevato alcune CS *ex vivo* da una mucca, coltivandole poi in un *medium* composto essenzialmente da siero fetale bovino. Le strisce di tessuto muscolare così ottenute sono poi state combinate con altri componenti vegetali ed aromi, dando origine al primo hamburger composto da carne interamente coltivata *in vitro*.<sup>x</sup>

Negli anni successivi, sono nati molteplici consorzi di ricerca e *start-up*, oggi in serrata competizione per entrare nel mercato. Queste iniziative hanno esteso il campo di applicazione delle tecniche di coltura cellulare alla produzione sia di tessuti di altri animali tradizionalmente allevati in modo intensivo (pollame, salmone, etc.), sia ad altri derivati animali come latte e uova.<sup>xi</sup> In teoria, le tecniche di coltura cellulare permettono di coltivare qualsiasi tessuto animale e vegetale, aprendo a scenari inediti per il futuro dell'industria alimentare e, più in generale, per l'alimentazione umana.

Inoltre, in pochi anni altre biotecnologie potrebbero accelerare ulteriormente lo sviluppo delle tecniche di "agricoltura cellulare". Tra queste, una delle più promettenti riguarda i sistemi di "stampa in 3D" che possono impiegare come "inchiostro" anche cellule staminali animali precedentemente differenziate in cellule muscolari. Il vantaggio di queste tecniche consiste nella possibilità di ottenere alimenti aventi consistenze paragonabili a quelle dei prodotti già in commercio (hamburger, crocchette di pollo, etc.) - aspetto, questo, molto difficile da ottenere oggi con la sola coltura *in vitro* di CS.<sup>xii</sup>

Infine, il rapido sviluppo tecnico avvenuto negli ultimi dieci anni ha determinato anche un significativo abbattimento dei costi. Nel giro di sei anni il costo di un "hamburger" derivato da CS coltivate è passato da \$ 250.000 a poco più di \$ 10; a breve la carne *in vitro* potrebbe raggiungere i costi di quella proveniente da allevamenti intensivi. Sebbene oggi non esistano ancora in commercio prodotti a base di carne coltivata *in vitro*, il loro arrivo sul mercato è atteso entro i prossimi cinque anni.<sup>xiii</sup>

## **(2) Vantaggi delle tecniche di coltura cellulare per fini alimentari**

La produzione di carne e derivati animali ottenuti da colture di CS promette di avere alcuni vantaggi sostanziali rispetto ai metodi oggi basati sull'allevamento intensivo.

Il primo vantaggio consiste nella possibilità di ridurre o eliminare del tutto la sofferenza animale oggi causata dalla produzione intensiva della carne. Ogni anno la richiesta di maggiori quantitativi di carne e prodotti animali a un costo sempre minore, infat-

ti, provoca sofferenze severe ed evitabili a decine di miliardi di esseri viventi appartenenti ad un numero ristretto di specie animali tra cui bovini, ovini, suini, avicoli e pesci. Significativamente, la maggioranza delle proteine animali oggi consumate nei paesi sviluppati provengono da allevamenti intensivi nei quali, nonostante l'evoluzione degli ordinamenti, le condizioni di vita e il benessere degli animali continuano ad essere percepiti come mere esternalità, come costi da contenere il più possibile.<sup>xiv</sup> In tale contesto, la diffusione di prodotti ottenuti da colture cellulari *in vitro* potrebbe contribuire direttamente alla riduzione del numero di animali allevati in tali condizioni ponendosi, di fatto, come uno strumento straordinario a favore della riduzione della sofferenza animale complessiva.

Il secondo vantaggio riguarda la salute pubblica. Attualmente, si stima che oltre il 70% di tutti gli antibiotici utilizzati sul pianeta siano impiegati per l'allevamento animale; l'Italia si piazza al terzo posto a livello mondiale per milligrammi di antibiotici impiegati per chilogrammo di carne prodotta (305 mg/kg).<sup>xv</sup> Negli allevamenti intensivi tale uso massiccio è necessario sia perché decine di migliaia di esemplari sono confinati a contatto diretto con le proprie deiezioni e altre fonti di possibile contaminazione batterica, sia perché la loro somministrazione accelera l'aumento di peso degli animali.<sup>xvi</sup> L'uso di antibiotici è quindi essenziale per la sostenibilità economica degli allevamenti intensivi, ma ha un costo molto alto per la salute pubblica perché incrementa il rischio di generare ceppi batterici sempre più resistenti agli antibiotici attualmente in commercio. Inoltre, i reflui prodotti dagli allevamenti intensivi sono inquinati da antibiotici e batteri ad essi resistenti, il che ne rende rischioso il riutilizzo come fertilizzanti per l'agricoltura.<sup>xvii</sup> Infine, la scala stessa degli allevamenti facilita il contagio tra gli animali e tra gli animali e l'uomo, come avvenuto nel caso dell'influenza aviaria, o di varie contaminazioni da *E.coli*.

La carne ottenuta da colture cellulari può invece essere coltivata in ambienti strettamente controllati, riducendo significativamente il rischio di malattie di origine animale e il ricorso agli antibiotici. Teoricamente, è inoltre possibile produrre, assemblare, testare e confezionare un alimento coltivato *in vitro* in un unico luogo, evitando contaminazioni esterne. A questo aspetto di maggiore controllo e sicurezza alimentare si somma poi la possibilità di modificare in modo deliberato le cellule e i tessuti coltivati. Attraverso l'uso di tecniche quali CRISPR Cas-9 in teoria è possibile modificare il genoma di qualsiasi essere vivente o cellula in modo relativamente preciso, rapido ed economico.<sup>xviii</sup> Un giorno, tali tecniche potrebbero essere utilizzate per modificare i profili nutrizionali dei tessuti coltivati *in vitro* al fine di migliorarne le proprietà organolettiche (ad

es. il gusto), l'impatto sulla salute (ad es. sostituendo i grassi meno nobili), o per ovviare a specifiche emergenze nutrizionali e sanitarie (ad es. arricchendola di aminoacidi essenziali, vitamine e minerali nonché di farmaci volti a contrastare malattie endemiche di specifiche parti del mondo). In futuro, le colture da CS per fini alimentari potrebbero rappresentare sia una fonte sicura di cibo, sia uno strumento mirato di salute pubblica.

Infine, il terzo vantaggio riguarda una maggiore efficienza produttiva e una migliore sostenibilità. Secondo le analisi, le tecniche di coltura cellulare potrebbero soddisfare parte della domanda di carne a una frazione dei costi ambientali attuali. Si stima che oltre l'80% della perdita del mantello vegetale della più grande foresta e riserva di acqua potabile del nostro pianeta, l'Amazzonia, sia dovuto all'allevamento e alla conversione dei terreni per produrre mangimi.<sup>xxix</sup> L'allevamento di animali produce inoltre il 15% dei gas serra, più di quelli emessi dall'intero settore dei trasporti.<sup>xxx</sup> La principale fonte di queste emissioni è il metano prodotto dalle fermentazioni intestinali dei bovini.<sup>xxxi</sup> Oltre alla perdita di biodiversità causata dalla deforestazione, l'impatto più significativo è sul consumo di acqua. La produzione di 1 Kg di carne rossa richiede 15 - 20.000 Lt di acqua di contro ai 1000 Lt necessari per un chilo di frumento.<sup>xxxi</sup> Inoltre, anche se la stima varia a seconda dei fattori (tipo di cibo, clima, stagione, etc.), si calcola che servano almeno 8 kg di cibo per produrre 1 kg di carne bovina e che dunque la resa sia in media di 8:1 per i bovini, di 3:1 per i maiali e circa di 2:1 per polli e pesci.<sup>xxxi</sup>

Di contro, alcune ricerche preliminari hanno concluso che la carne ottenuta da colture cellulari potrebbe usare il 7-45% in meno di energia, il 99% in meno di suolo, l'82-96% in meno di acqua, emettendo tra il 78-96% in meno di emissioni a seconda del prodotto animale considerato.<sup>xxxi</sup> Nessun'altra tecnica di produzione alimentare - compresa l'estensione su scala planetaria dei migliori metodi di agricoltura e allevamento oggi disponibili - prospetta di avere un rapporto tra costi (ambientali) e benefici (in resa di cibo) tanto favorevole.<sup>xxxi</sup> Se tali stime fossero anche solo in parte corrette, l'adozione di tecniche di coltura cellulare potrebbe essere una delle poche soluzioni praticabili per soddisfare la futura domanda di carne senza aggravare la presente crisi ecologica.

### **(3) Obiezioni allo sviluppo e adozione di prodotti alimentari ottenuti da CS**

Oltre ad avere potenziali vantaggi significativi, lo sviluppo di tecniche di colture da CS per fini alimentari solleva però diverse perplessità di natura etica, sociale e regolativa.

Il primo aspetto problematico riguarda, paradossalmente, proprio il tema della riduzione della sofferenza animale. L'obiezione principale allo sviluppo di prodotti ottenuti da colture cellulari consiste, infatti, nel sostenere che esse non siano affatto necessarie: se l'obiettivo finale è ridurre la sofferenza animale e l'impatto ambientale dell'allevamento intensivo, secondo alcuni promuovere e adottare su larga scala diete complete e bilanciate a base vegetale - come la dieta vegetariana o mediterranea - potrebbe rappresentare una strategia più efficace rispetto allo sviluppo di nuovi prodotti alimentari derivati da colture di CS, i quali sono pur sempre di origine animale.

Questa critica, però, si rivela debole: sebbene una riduzione del consumo pro-capite di carne sia di certo un obiettivo da perseguire con maggiore determinazione, credere che sia possibile eliminare la sofferenza animale causata dagli allevamenti intensivi solo attraverso una conversione globale a diete a base vegetale appare utopistico - a meno, naturalmente, di non voler imporre tale cambiamento attraverso politiche coercitive e illiberali.<sup>xxvi</sup> A tale proposito basti osservare che nemmeno nei contesti in cui l'abbandono della carne è di fatto già possibile, e cioè nei paesi sviluppati, si è verificato un cambiamento tanto radicale: la maggioranza dei cittadini occidentali sono tuttora restii a rinunciare alla carne, nonostante si dichiarino sempre più preoccupati del benessere animale e dei cambiamenti climatici.<sup>xxvii</sup> In tale prospettiva, l'obiettivo di ridurre la sofferenza animale attraverso lo sviluppo di tecniche di coltura cellulare si pone quindi come complementare rispetto alla promozione di diete bilanciate e complete a base vegetale. Superare l'attuale modello fondato sugli allevamenti intensivi richiede, infatti, l'individuazione di più strategie convergenti, le quali devono poi tradursi in politiche capaci di bilanciare il rispetto della sofferenza animale con la libertà di scelta individuale.

Un secondo aspetto problematico riguarda invece una questione di natura tecnica. Oggi la crescita e replicazione *in vitro* di cellule animali da colture di CS necessita l'utilizzo di siero fetale bovino (FBS). Il FBS si ottiene dalla raccolta di feti bovini prelevati da animali uccisi per fini alimentari ed è, pertanto, un sottoprodotto dell'industria della carne.<sup>xxviii</sup> Attualmente sono in sviluppo diverse alternative che prevedono *medium* di coltura alternativi a base vegetale, o che si basano su nuove tecniche di ingegneria tissutale, ma non è ancora chiaro se e quando tali soluzioni potranno sostituire il FBS.<sup>xxix</sup> Seppure coltivata *in vitro*, quindi, oggi la carne ottenuta da colture di CS richiede ancora il sacrificio di animali per essere prodotta.<sup>xxx</sup>

Un terzo insieme di problemi riguarda, infine, l'impatto che i prodotti alimentari ottenuti da colture cellulari potrebbero avere sul piano socio-economico. Il superamento degli allevamenti intensivi potrebbe comportare, infatti, una riduzione delle persone at-

tualmente occupate in tale industria e in altre ad essa collegate. Inoltre, esiste il rischio che il controllo di queste tecnologie, una volta perfezionate, rimanga nella mani di pochi attori, i quali potrebbero limitarne indebitamente l'accesso anche attraverso la creazione di cartelli industriali. Sebbene questi problemi, data la loro complessità, richiedano lo sviluppo di politiche e interventi socio-economici integrati per essere adeguatamente affrontati, occorre però osservare che, in ogni caso, il mantenimento e l'espansione dell'attuale modello intensivo di allevamento a fini alimentari non rappresenta comunque un'alternativa sostenibile e desiderabile. Già oggi, infatti, i piccoli allevatori e agricoltori - soprattutto nelle zone più povere del mondo - sono costantemente a rischio di perdere le proprie fonti di sostentamento primario a causa dell'espansione dell'industria basata sulla diffusione planetaria di monoculture (come la soia) necessarie per produrre i mangimi richiesti dagli allevamenti intensivi. E già oggi il mercato della carne, e più in generale il mercato dei prodotti agro-alimentari e delle biotecnologie a esso associate, è sempre più concentrato nelle mani di poche multinazionali, le quali ne controllano l'accesso spesso in contrasto a logiche e principi di equità.

In questa prospettiva, è urgente che i decisori politici, di concerto con la comunità scientifica e altri attori della società civile, compresi gli operatori del comparto agroalimentare, agiscano tempestivamente al fine di predisporre un quadro normativo e legislativo adeguato che possa assicurare un rapido abbandono dell'attuale modello fondato sugli allevamenti intensivi, senza però imporre misure socio-economiche inique sulle popolazioni e sui produttori, salvaguardando al contempo il diritto collettivo a poter accedere ai benefici resi disponibili da nuove conoscenze e tecnologie, tra cui quelle inerenti lo sviluppo di tecniche di colture cellulari per fini alimentari.

#### **(4) Adozione da parte dei consumatori e critica della dicotomia tra sintetico/naturale**

Affinché i prodotti a base di carne coltivata *in vitro* possano affermarsi sul mercato è necessario che siano sufficientemente sicuri e convenienti e percepiti come appetibili da parte dei consumatori. Al momento sono state riscontrate attitudini divergenti: alcuni studi hanno trovato che la maggioranza dei consumatori è favorevole a provare la carne *in vitro*; altri hanno ottenuto risultati meno positivi.<sup>xxxii</sup> Le principali preoccupazioni espresse dai consumatori sono rivolte ad aspetti sanitari, di gusto e di prezzo seppur applaudendo ai benefici per il benessere degli animali e la tutela dell'ambiente.<sup>xxxiii</sup>

Esiste però un ulteriore motivo di perplessità, il quale non riguarda le caratteristiche intrinseche della carne *in vitro*, ma la sua percepita mancanza di *naturalità*.<sup>xxxiii</sup> La supposta innaturalità della carne da colture cellulari è stata correlata sia a preoccupazioni

pazioni riguardo alla sua sicurezza, sia a una generale sensazione di disgusto tipicamente associata a tutto ciò che è percepito come “sintetico”.<sup>xxxiv</sup> Da qui la contrapposizione tra una carne definita “naturale” e una definita invece “sintetica”, “artificiale” o “da laboratorio”. Tale dicotomia è estremamente diffusa ma è fuorviante. Vi è, infatti, davvero poco di “naturale” nei processi oggi coinvolti nella produzione di carne su scala industriale: basti pensare alla selezioni artificiale di esemplari le cui caratteristiche fenotipiche li rendono oramai inadatti a sopravvivere “in natura”; al confinamento in luoghi chiusi senza possibilità di movimento o sfogo dei propri istinti sociali; alle rimozione di parti del corpo (ad es. zanne, corna, unghie e becchi, etc.) per evitare casi di ferimento e cannibalismo altrimenti assenti “in natura”; all’uso massiccio di farmaci, ormoni e antibiotici, nonché di aromi e coloranti talvolta pericolosi per la salute; o alla separazione calcolata tra le condizioni di vita degli animali e l’immagine del prodotto finale poi offerto ai consumatori.<sup>xxxv</sup>

D’altra parte, se si pensa alla carne coltivata *in vitro*, essa è pur sempre formata da carne che cresce secondo processi interamente “naturali”: a meno di modifiche a livello genomico, infatti, le cellule coltivate *in vitro* non sono meno naturali di quelle che crescono e si moltiplicano *in vivo* negli animali stessi. Ciò che cambia, dunque, è solo il contesto di crescita cellulare e le tecniche di raccolta. È quindi la stessa dicotomia tra “artificiale” e “naturale” ad apparire artificiosa ad un’analisi più attenta.<sup>xxxvi</sup>

Riconoscere come infondato - o, per lo meno, come problematico - l’uso della dicotomia tra “artificiale” e “naturale” in relazione al tema della carne *in vitro* ha implicazioni significative per il futuro di queste tecnologie. Al momento, infatti, esiste un dibattito acceso su come debbano essere definiti i prodotti alimentari ottenuti attraverso queste tecniche. I nomi proposti evocano valori e immaginari fortemente contrapposti: si parla così di carne “sintetica” e “artificiale” di contro alla carne “pulita”, “verde”, “etica” o “senza sofferenza”. Allo stesso modo, le metafore utilizzate variano considerevolmente: si passa da immagini volte a indurre un senso di paura e disgusto (carne “frankenstein” o “frankenburger”), a definizioni che ne sottolineano invece l’aspetto ambientale, con nuovi istituti e consorzi di ricerca del settore che scelgono emblematicamente di chiamarsi “New Harvest” (e cioè, “il nuovo raccolto”).

In questo contesto, che potrà essere superato solo col tempo e attraverso un processo culturale complesso, le scelte che i legislatori e le istituzioni compiranno per regolamentare il nascente mercato dei prodotti ottenuti da colture di CS saranno decisive. A fronte delle previsioni e dei vantaggi esposti nelle sezioni precedenti, il Comitato Etico della Fondazione Veronesi auspica quindi che i decisori politici agiscano al fine di evitare

di rafforzare dicotomie infondate tra carni “naturali” e “artificiali”, individuando invece nuove diciture e definizioni con lo scopo di promuovere lo sviluppo e l’adozione di nuovi prodotti sicuri e sostenibili a base di CS animali ottenute mediante colture *in vitro*.

## **(5) Conclusioni e raccomandazioni**

Nel 1931 Winston Churchill scrisse che un giorno “sfuggiremo all’assurdità di far crescere un pollo intero solo per mangiarne il petto o l’ala, facendo crescere queste parti separatamente in un ambiente adatto”.<sup>xxxvii</sup> Quasi un secolo dopo, la scienza ha reso questa ipotesi una realtà che potrà consentire alle generazioni future non solo di sfuggire a tale assurdità, etica ed economica allo stesso tempo, ma anche di mitigare l’impatto di una crescente domanda di prodotti animali in un contesto ambientale che ha già superato il limite della propria sostenibilità. La produzione su larga scala di carne *in vitro* potrebbe assicurare una significativa riduzione della sofferenza animale, maggiori pratiche igieniche, minori contaminazioni batteriche, nessun rischio di “mucca pazza”, influenza aviaria o diffusione di antibiotico-resistenze, un minore consumo energetico e di suolo, e una produzione di gas ad effetto serra significativamente minore rispetto agli odierni allevanti intensivi. Pare dunque giunto il momento di interrogarsi sulla produzione e la possibile diffusione della carne *in vitro*, un aspetto probabilmente imprescindibile del nostro vivere nell’Antropocene.

A fronte delle analisi avanzate in questo parere, il Comitato Etico della Fondazione Umberto Veronesi avanza le seguenti proposte e raccomandazioni rivolte alla società e ai decisori politici in merito allo sviluppo e alla messa in commercio di prodotti ottenuti da colture di CS:

- (i) Promuovere una sempre maggiore consapevolezza sull’importanza delle scelte alimentari individuali e collettive e del loro impatto sulla salute umana, sul benessere animale, sull’ambiente e sull’ecosistema;
- (ii) Promuovere un’informazione che favorisca l’adozione di migliori stili di vita alimentari, soprattutto nei paesi già sviluppati, basata sulle migliori evidenze scientifiche e linee guida oggi disponibili, volta a una riduzione consapevole del consumo pro-capite di carne e altri derivati animali a favore di regimi dietetici completi e bilanciati a base vegetale, tra cui la dieta mediterranea e la dieta vegetariana;

- (iii) Promuovere la ricerca finalizzata allo sviluppo, al miglioramento, allo studio del ciclo di vita e alla diffusione di prodotti a base di cellule staminali coltivate *in vitro* per fini alimentari, incoraggiando in particolare la ricerca di alternative al siero fetale bovino per lo sviluppo di colture cellulari su ampia scala;
- (iv) Predisporre con anticipo e tempestività un quadro di incentivi economici e normative volte a sostenere e incoraggiare il nascente sistema di imprese e consorzi di ricerca impegnati nello sviluppo di prodotti a base di cellule staminali coltivate *in vitro* e di altre biotecnologie innovative, quali la stampa in 3D di nuovi prodotti alimentari; nonché una serie di controlli e normative adeguate a garantire la salute e il benessere dei consumatori;
- (v) Agire tempestivamente a livello regolativo affinché si possano identificare una serie di categorie merceologiche e diciture comuni con le quali identificare i prodotti alimentari a base di cellule staminali coltivate *in vitro*, evitando fuorvianti dicotomie tra prodotti “naturali” e prodotti “artificiali” al fine di sostenere lo sviluppo e la diffusione di tali prodotti.

- i Il documento è stato redatto dal gruppo di lavoro coordinato da Carlo Alberto Redi ed è stato approvato all'unanimità con votazione telematica in data 16.07.2019. Alla stesura del documento hanno collaborato Giorgio Macellari, Cinzia Caporale, Roberto Defez, Marco Annoni e Manuela Monti in qualità di esperta *ad acta*.
- ii Schaefer G.O, Savulescu J. (2014). The Ethics of Producing In Vitro Meat. *Journal of Applied Philosophy* 31(2): 188-202.
- iii Oliver S.P., Murinda S.E., Jayarao B.M. (2011). Impact of antibiotic use in adult dairy cows on antimicrobial resistance of veterinary and human pathogens: a comprehensive review. *Foodborne pathogens and disease* 8(3): 337-355.
- iv Rohrmann S., Overvad K., et al. (2013). Meat consumption and mortality—Results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *BMC Medicine* 11: 63; Key T.J, Appleby P.N., et al. (2019). Consumption of Meat, Fish, Dairy Products, and Eggs and Risk of Ischemic Heart Disease. *Circulation* 139(25): 2835-2845.
- v Rapporto FAO: World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision, a cura di Alexandratos N. e J. Bruinsma, <http://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf> (ultimo accesso 23.07.2019).
- vi Secondo il World Population Prospects 2019, redatto dalla Nazioni Unite, nel 2050 la popolazione mondiale potrebbe raggiungere i 9,7 miliardi di individui, con un incremento del 26% rispetto alla popolazione attuale, [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WP-P2019\\_10KeyFindings.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WP-P2019_10KeyFindings.pdf) (ultimo accesso 23.07.2019).
- vii Godfray H.C.J, Aveyard A., et al. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science* 361: eaam5324.
- viii Uno dei primi esperimenti fu compiuto nel 1907 presso la Johns Hopkins University da Ross Harrison, il quale coltivò delle cellule nervose di rana in un medium linfatico; Dillard-Wright D.B (2014). Synthetic Meat. *Encyclopedia of Food and Agricultural Ethics*, [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-94-007-6167-4\\_307-5](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-94-007-6167-4_307-5) (ultimo accesso 23.07.2019).
- ix Sample I. (2002). Fish fillets grow in tank. *New Scientist*, <https://www.newscientist.com/article/dn2066-fish-fillets-grow-in-tank/> (ultimo accesso 23.07.2019).
- x Post M.J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science* 92(3): 297-301; Post M.J. (2014). An alternative animal protein source: Cultured beef. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1328(1): 29-33.
- xi Recentemente sono nate nuove *start-up* finalizzate a produrre latte e derivati caseari *in vitro*: [https://theconversation.com/lab-grown-dairy-the-next-food-frontier-117963?fbclid=IwAR3GcB-QOO-qcwuAOM96af117QhYJZ\\_Wq4LsFCFx4Ns4l1z2uDPMrHPSr-u0](https://theconversation.com/lab-grown-dairy-the-next-food-frontier-117963?fbclid=IwAR3GcB-QOO-qcwuAOM96af117QhYJZ_Wq4LsFCFx4Ns4l1z2uDPMrHPSr-u0) (ultimo accesso 23.07.2019).
- xii Una delle tecniche di stampa 3D più recenti è stata brevettata dalla *start-up* Novameat, <https://3dprintingindustry.com/news/novameat-3d-prints-vegetarian-steak-from-plant-based-proteins-144722/> (ultimo accesso 23.07.2019).
- xiii Shapiro, P. (2018). *Clean Meat*. New York, Gallery Book.
- xiv Questo nonostante siano oggi in vigore diverse normative volte ad assicurare migliori standard di vita per gli animali negli allevamenti intensivi; <https://scienceandethics.fondazioneveronesi.it/wp-content/uploads/2018/03/fse-4-macellazione-inconsapevole.pdf> (ultimo accesso 23.07.2019); Risoluzione Parlamento europeo del 26 novembre 2015 su una nuova strategia in materia di benessere degli animali per il periodo 2016-2020 ([http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2015-0417\\_IT.html?redirect](http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2015-0417_IT.html?redirect)) (ultimo accesso 23.07.2019).

<sup>xv</sup> O'Neil J. (2015). Antimicrobials in Agriculture and the Environment: Reducing unnecessary use and waste. Wellcome Trust and HM Government, <https://amr-review.org/sites/default/files/Antimicrobials%20in%20agriculture%20and%20the%20environment%20-%20Reducing%20unnecessary%20use%20and%20waste.pdf> (ultimo accesso 23.07.2019).

<sup>xvi</sup> Anche in allevamenti meno intensivi l'uso di antibiotici è diffuso, per esempio, a causa del fatto che i bovini - tipicamente dei ruminanti - sono nutriti con grano e soia, alimenti poco digeribili che causano negli animali ulcerazioni e infezioni; cfr. Dillard-Wright D.B (2014), *op. cit.*

<sup>xvii</sup> I reflui da allevamenti di suini, ad esempio, sono frequentemente usati come fertilizzanti o e contengono tipicamente residui di antibiotici così come batteri portatori di geni di resistenza ed elementi extracromosomali (plasmidi) trasferibili ad elevata frequenza; su questi aspetti cfr. Wolters B., Widyasari-Mehta A., et. al. (2016). Contaminations of organic fertilizers with antibiotic residues, resistance genes, and mobile genetic elements mirroring antibiotic use in livestock? *Applied Microbiology and Biotechnology* 100(21): 9343-9353.

<sup>xviii</sup> Sugli aspetti etici e sociali del "genome editing" si rimanda al documento "L'editing del genoma tra etica e democrazia" <https://www.fondazioneveronesi.it/uploads/2018/10/30/genoma3010.pdf> (ultimo accesso 23.07.2019).

<sup>xix</sup> De Sy M.H., Herold M., et. al. (2015). Land use patterns and related carbon losses following deforestation in South America. *Environmental Research Letters* 10: 124004.

<sup>xx</sup> Godfray H.C.J, Aveyard A., et al. (2018). *op. cit.*; Gerber P.J., Steinfeld H., et. al. (2013). Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf> (ultimo accesso 23.07.2019).

<sup>xxi</sup> Per ridurre l'impatto ambientale dell'allevamento bovino sono in corso diversi studi i quali mirano a identificare possibili strategie per contenere le emissioni di metano; cfr. <https://www.newsweek.com/cow-fart-burp-methane-genetic-modification-1447589> (ultimo accesso 23.07.2019).

<sup>xxii</sup> FAO AquaStat 2016, [www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm) (ultimo accesso 23.07.2019).

<sup>xxiii</sup> Cfr. Dillard-Wright D.B. (2014), *op. cit.*

<sup>xxiv</sup> In particolare, questi numeri sono relativi a un calcolo preliminare tarato rispetto alla possibile produzione di carne *in vitro* in Cina: Sun Z, Yu Q., Han L. (2015) The environmental prospects of cultured meat in China *Journal of Integrative Agriculture* 14(2)2: 234-240; per una differente analisi si può consultare un altro studio, nel quale il consumo energetico richiesto per la produzione di carne *in vitro* da CS è stimato essere più alto si veda Mattik C.S., Landis A.E., et al. (2015). Anticipatory life cycle analysis of in vitro biomass cultivation for cultured meat production in the United States. *Environmental Science and Technology* 49: 11941-11949.

<sup>xxv</sup> Muller A., Schader C., El-Hage Scialabba N. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8: 1290.

<sup>xxvi</sup> Per un'introduzione alla dieta vegetariana si veda "Vegetarianismo. Una scelta etica, di gusto e di salute", <https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/tools-della-salute/download/quaderni-la-salute-in-tavola/vegetarianismo-una-scelta-etica-di-gusto-e-di-salute> (ultimo accesso 23.07.2019).

<sup>xxvii</sup> Slade P. (2018). If you build it, will they eat it? Consumer preferences for plant-based and cultured meat burgers. *Appetite* 125: 428-437. Inoltre, tale rivoluzione appare ancora più difficile nei paesi dove le questioni che riguardano la sofferenza animale sono spesso superate da questioni inerenti la malnutrizione e la sopravvivenza umana e dove il sostentamento è ancora intimamente connesso all'allevamento su scala non intensiva.

xxviii Siegel W., Foster L. (2013). Fetal bovine serum: the impact of geography. *Bioprocessing Journal* 12(3): 28-30.

xxix Una recente proposta in questo senso è stata avanzata in uno studio nel quale si illustra come l'ingegneria tissutale possa essere impiegata per l'espansione su larga scala di cellule muscolari in specifici bioreattori, i quali permettono la coltura *in vitro* di staminali in ambienti che riproducono più fedelmente le condizioni fisiologiche di crescita delle cellule. Lo scopo finale della standardizzazione di queste metodologie è l'ottimizzazione dei processi di coltura senza impiego di SFB o fattori di crescita (Allan S.J., De Bank P., Ellis M.J. (2019). Bioprocess design considerations for cultured meat production with a focus on the expansion bioreactor. *Frontiers in sustainable food system* 3, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2019.00044/full>, ultimo accesso 23.07.2019).

xxx A questa critica di natura tecnica se ne sommano altre di carattere più generale. Per alcuni sostenitori dei diritti animali, ad esempio, promuovere il consumo di carne in vitro tende ad avallare l'idea - per alcuni di per sé immorale - che la carne o altri derivati animali siano da considerarsi una fonte "etica" di cibo. Inoltre, tra i finanziatori delle nuove imprese impegnate nello sviluppo della carne in vitro figurano oramai tutti i principali colossi dell'industria dell'allevamento intensivo tradizionale. Paradossalmente, si potrebbe quindi argomentare, acquistare carne coltivata in vitro potrebbe equivalere a sostenere indirettamente proprio quelle industrie che oggi sono maggiormente responsabili dello sfruttamento animale.

xxxi Laestadius L. (2015). Public Perceptions of the Ethics of In-vitro Meat: Determining an Appropriate Course of Action. *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 28(5): 991-1009; Laestadius L.I., Caldwell M.A. (2015). Is the future of meat palatable? Perceptions of in vitro meat as evidenced by online news comments. *Public Health Nutrition*, 18(13): 2457-2467.

xxxii Bryant C., Barnett J. (2019). What's In a Name? Social Representations of Cultured Meat Depend on Nomenclature. *Appetite* 137: 104-113; Bryant C.J., Anderson J.E., et al. (2019). Strategies for overcoming aversion to unnaturalness: The case of clean meat. *Meat Science* 154: 37-45.

xxxiii Rozin P. (2005). The meaning of "natural" process more important than content. *Psychological Science* 16(8):652-8; The Good Food Institute. (2017). Clean Meat: The Naming of Tissue-Engineered Meat <http://mfait.gfi.org/the-naming-of-clean-meat> (ultimo accesso 23.07.2019).

xxxiv Bryant C.J., Barnett J.C. (2018). Consumer Acceptance of Cultured Meat: A Systematic Review. *Meat Science* (143): 8-17; McHugh S. (2010). Real artificial: tissue-cultured meat, genetically modified farm animals and fictions. *Configurations* (18): 181-197 ; Siegrist M., Sütterlin B., Hartmann C. (2018). Perceived naturalness and evoked disgust influence acceptance of cultured meat. *Meat Science* (139): 213-219.

xxxv A questo proposito, è doveroso ricordare la presenza in alcuni prodotti già in commercio di sostanze aromatizzanti per il gusto di "grill" e "barbecue", le quali sono ritenute cancerogene e per le quali l'agenzia regolatoria europea ha preteso l'innalzamento delle soglie di sicurezza EFSA; cfr. <https://www.efsa.europa.eu/it/corporate/pub/ar17> (ultimo accesso 23.07.2019).

xxxvi Inoltre, un'ulteriore argomentazione consiste nell'osservare che già oggi esistono molteplici terapie che impiegano cellule allogeniche coltivate *in vitro*, per esempio nelle terapie geniche e nell'immunoterapia: se dunque si è già favorevoli un utilizzo terapeutico di cellule coltivate *in vitro*, perché non si dovrebbe essere favorevoli anche a un loro eventuale utilizzo alimentare?

xxxvii Churchill W. (1931). Fifty Years Hence. *Strand Magazine*, <https://teachingamericanhistory.org/library/document/fifty-years-hence/> (ultimo accesso 23.07.2019).