

Quesiti e brevi risposte sui prodotti alimentari “alternativi alla carne”

A cura di Bruno Ronchi

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi della Tuscia; Presidente Comitato consultivo Allevamenti e prodotti animali dell'Accademia dei Georgofili

PREMESSA

Negli ultimi decenni si è assistito ad un progressivo e considerevole incremento a livello internazionale di interessi di varia natura sulla cosiddetta “carne del futuro”, cioè sui prodotti alimentari definiti “simili alla carne”, oppure “analoghi”, o “alternativi” alla carne. Nella presente trattazione verrà usata soltanto la definizione “alternativo alla carne”, poiché si ritiene che i termini “simile” e “analogo” non siano pienamente giustificati dalle attuali conoscenze scientifiche e possano creare elementi di grande confusione.

Dall'analisi della produzione scientifica dell'ultimo decennio emerge una forte crescita di interessi sulla tematica delle fonti proteiche derivanti da insetti e da vegetali. Più contenuta, ma non trascurabile, è la crescita di pubblicazioni sulla “carne da laboratorio”¹.

A livello economico si è evidenziato negli ultimi decenni un forte incremento degli investimenti per lanciare sul mercato alimenti “alternativi alla carne”, una moltiplicazione delle imprese e una grande dinamica di tale segmento. Tutto ciò fa prevedere che nel prossimo futuro tali alimenti non occuperanno più una posizione di nicchia rispetto al grande mercato che si è sviluppato intorno alla carne.

Sui prodotti “alternativi alla carne” si è anche sviluppato un intenso dibattito sociale e politico a livello internazionale, talvolta non adeguatamente sostenuto da supporti scientifici, quanto piuttosto da tendenze ideologiche. Gli argomenti centrali sono stati e continuano ad essere rivolti ad alcune criticità dei prodotti di origine animale:

- riflessi del consumo di carne sulla salute umana (insaccati, carne rossa,...);
- influenza dei sistemi zootecnici, intensivi in particolare, sul benessere animale;
- impronta ambientale delle produzioni animali (consumo di suolo, consumo di acqua, emissioni di gas serra,...).

A livello europeo il mercato si è prevalentemente orientato su prodotti alimentari di origine vegetale “alternativi” alla carne, che stanno richiamando un interesse crescente dei consumatori. Gli ulteriori sviluppi di tale mercato dipenderanno da una serie di fattori, tra i quali il livello di accettabilità da parte dei consumatori, legato sia alla emanazione di chiare disposizioni normative, sia alla trasparenza di quanto dichiarato in etichetta e, non ultimo, dai costi. Le prospettive del mercato di prodotti “alternativi” alla carne dipenderanno anche dalle decisioni che verranno prese in futuro sui sistemi di produzione animale indirizzati alla

¹ T. Jetzke et al. (2022). Meat of the future: Trend report for assessing the environmental impacts of plant-based substitutes, edible insects, and in vitro meat. Web site www.umweltbundesamt.de/publikationen.

produzione della carne, in relazione alla loro impronta ambientale, al benessere degli animali allevati e a considerazione relative al rapporto con la salute umana.

La presente nota intende affrontare alcune delle più comuni esigenze di informazione del consumatore intorno ai “prodotti alternativi alla carne”, fornendo, sulla base di recenti contributi scientifici e in forma strettamente divulgativa, risposte sintetiche.

Verranno affrontati i seguenti quesiti:

- Quali sono le caratteristiche dei “prodotti alimentari alternativi alla carne”?
- Quale è il parere dei consumatori italiani sui prodotti alimentari “alternativi alla carne”?
- Quali sono le principali criticità dei prodotti alimentari “alternativi alla carne”?
- I prodotti alimentari “alternativi alla carne” possiedono proprietà nutrizionali e salutistiche comparabili o superiori alla carne?
- I prodotti alimentari “alternativi alla carne” hanno una sostenibilità ambientale migliore rispetto ai sistemi zootecnici di produzione della carne?
- Quali sono le principali domande di ricerca sui prodotti alimentari “alternativi alla carne”?

Verranno prese in esame le seguenti principali categorie di alimenti:

- alimenti proteici di origine vegetale
- alimenti proteici derivanti da insetti
- alimenti proteici derivanti da carne prodotta in laboratorio da cellule (“cell-based meat”), altresì definita “carne artificiale”.

La trattazione non può essere considerata esaustiva, in quanto alcune categorie di alimenti, quali per esempio quelli derivanti da biosintesi proteica operata da microrganismi (lieviti, batteri,...), non vengono prese in esame.

Quali sono le caratteristiche degli alimenti proteici di origine vegetale?

Gli alimenti proteici di origine vegetale, quali il Tofu, il Tempeh e il Seitan, occupano da molto tempo una posizione di rilievo nella dieta di alcune popolazioni e sono in fase di espansione anche in aree nelle quali è prevalente e tradizionale il consumo di carne. La prima generazione di alimenti proteici di origine vegetale era rappresentata da alimenti a base di soia, molto diffusa nella dieta dei popoli asiatici. Il Tofu fu creato in Cina durante la dinastia Han, risalente a circa 200 anni prima di Cristo². La seconda generazione ha previsto l'impiego di una ampia serie di ingredienti e di numerose manipolazioni, come ad esempio l'estrusione, tesi a migliorarne le caratteristiche sensoriali e il valore nutritivo complessivo. Gli alimenti proteici di origine vegetale vengono definiti “naturali” se il prodotto non prevede l'applicazione di rilevanti processi tecnologici, tesi a eliminare aspetti negativi o ad

² A. Bakhsh et al. (2020). Traditional plant-based meat alternatives, current, and future perspectives: a review. Journal of Agriculture and Life Science, 55: 1-10.

aggiungerne di positivi³. Alcuni esempi sono rappresentati dalle alghe, dai legumi e dai funghi. Vengono invece definiti “processati” quegli alimenti proteici di origine vegetale che vengono sottoposti ad importanti processi di lavorazione e/o che prevedono l’aggiunta di ingredienti quali gli additivi⁴. Ai fini della elaborazione di prodotti alimentari di origine vegetale “simili” alla carne, il punto di partenza è rappresentato dalla proteina vegetale, che viene sottoposta a trattamenti tecnologici idonei per trasformare la sua struttura e renderla più idonea ad interagire con carboidrati complessi ai fini di creare una consistenza simile alla carne⁵. Possono poi essere aggiunti, a seconda del tipo di prodotto, pigmenti rossi e altri additivi di varia natura, e alcuni nutrienti quali sali minerali, vitamine, etc.

Quali sono le caratteristiche degli alimenti proteici derivanti da insetti?

L’ “entomofagia”, o consumo alimentare degli insetti”, non rappresenta una tendenza del tutto recente, in quanto risulta ben radicata e tradizionale in alcune aree geografiche⁶. Nonostante nelle aree tropicali siano centinaia le specie di insetti edibili e oggetto di consumo, l’attenzione del mondo scientifico e del settore produttivo e commerciale per le esigenze del mondo occidentale si è indirizzata soprattutto su alcune di queste, quali *Hermetia illucens* L.⁷. Oltre ad avere un alto contenuto proteico, gli insetti, consumati come tali o inclusi in altre preparazioni alimentari, possono contribuire all’approvvigionamento di aminoacidi essenziali, di sali minerali, di vitamine e di altri nutrienti essenziali per l’alimentazione umana. Inoltre, la farina di insetti può trovare impiego nella preparazione di alimenti per animali da affezione o di interesse zootecnico. In generale gli insetti si prestano abbastanza bene per sistemi produttivi di tipo industriale, in quanto hanno: un ciclo di sviluppo breve, rapidi accrescimenti, elevati coefficienti di conversione alimentare, la possibilità di essere allevati in spazi confinati e una scarsa suscettibilità alle patologie.

Quali sono le caratteristiche degli alimenti proteici derivanti da carne prodotta in laboratorio da cellule?

La carne “prodotta in laboratorio da cellule”, definita anche “carne artificiale”, deriva dallo sviluppo in un ambiente ad alto livello di controllo di cellule prelevate da animali. La prima realizzazione di hamburger ottenuto da cellule coltivate in laboratorio risale al 2013, ad opera di Mark Post. Ma l’idea di ottenere un qualcosa di bio-artificiale simile al muscolo di un animale, ma senza bisogno di allevamenti, viene attribuita addirittura a Churchill, che nel

³ S. Jahn et al. (2021). Plant-based meat alternatives: motivational adoption barriers and solutions. Sustainability, 13, 13271.

⁴ S. Jahn et al. (2021). Plant-based meat alternatives: motivational adoption barriers and solutions. Sustainability, 13, 13271.

⁵ L. Sha & Y.L. Xiong (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: science, technology, and challenges. Trends in food science & technology, 102: 51-61.

⁶ M. Ruskova et al. (2023). Edible insects – new meat alternatives: a review. Journal of Central European Agriculture., 24(1): 260-267.

⁷ A. Van Huis (2016). Edible insects are the future? Proc. Of the Nutrition Society, 75: 294-305.

1932 avanzò tale ipotesi nel suo libro “Thoughts and adventures”⁸. Si riporta di seguito un breve passaggio: “We shall escape the absurdity of growing a whole chicken in order to eat the breast or wing, by growing these parts separately under a suitable medium. Synthetic food will, of course, also be used in the future”. Nel 2008 si tenne in Norvegia, presso il “Norwegian Food Research Institute”, il primo convegno ufficiale sulla carne prodotta da colture cellulari, organizzato da “In vitro meat consortium”, un team composto da ricercatori provenienti da diverse parti del mondo⁹.

Nel giugno 2023 il Dipartimento dell’Agricoltura degli Stati Uniti ha espresso un parere positivo per la produzione e la commercializzazione di carne di pollo prodotta in laboratorio, diventando così il secondo paese al mondo dopo Singapore a legalizzare la cosiddetta “carne artificiale”.

A livello mondiale risultano attualmente censite più di cento compagnie che hanno deciso di investire sulla carne prodotta in laboratorio e si stima un forte espansione futura di tale segmento di mercato.

Le cellule muscolari prelevate dal bovino, o da altre specie animali, vengono dapprima sottoposte a valutazione, selezione, isolamento e conservazione ai fini della produzione vera e propria. L’intera sequenza dei processi può essere schematizzata come di seguito indicato:

- Prelievo di un campione di muscolo previa anestesia da un animale in vita;
- Separazione delle cellule muscolari staminali o delle cellule satellite da altre componenti cellulari;
- Preparazione di linee cellulari (possibilità di produrre attraverso modificazioni genetiche o per selezione linee cellulari “immortali”, che possono replicare continuamente);
- Induzione della proliferazione e differenziazione cellulare (utilizzando eventualmente altri tipi di cellule come gli adipociti) attraverso agenti stimolanti (medium) per produrre mioblasti;
- Sviluppo e maturazione del prodotto in un bioreattore di grandi dimensioni, con l’impiego di sostanze (ormoni, antibiotici, nutrienti,...) che simulano quello che avviene in natura e proteggono lo sviluppo cellulare;
- Raccolta del prodotto per centrifugazione, sedimentazione, filtrazione;
- Ulteriori trattamenti tecnologici per rendere il prodotto simile alla carne.

Quale è il parere dei consumatori italiani sui prodotti alimentari “alternativi alla carne”?

Il consumo di alimenti di origine animale è molto radicato in Italia e fa solidamente parte della tradizione gastronomica, anche in considerazione della ampia varietà di carni e

⁸ S. De Suret & E. Vossen (2016). Meat: the balance between nutrition and health: a review. Meat Science, 120: 145-156.

⁹ K.A. Chodkowska et al. (2022). Sustainable future protein foods: the challenges and the future of cultivated meat. Foods, 11, 4008.

soprattutto di formaggi. Per le carni i consumatori hanno una vasta possibilità di scelta anche di carni prodotte localmente a partire da razze autoctone.

Dati recenti sul consumo di carne Italia indicano per l'anno 2021 un quantitativo medio annuo per individuo pari a 59 Kg¹⁰, comprensivo di carne fresca e di carne lavorata. Va tuttavia sottolineato che tale valore di consumo, sulla base del percorso di stima che normalmente viene seguito, rappresenta non il consumo reale di carne, bensì il consumo apparente, al lordo di una serie non trascurabile di scarti di macelleria e di perdite varie. L'Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali ha, con una apposita commissione di studio, calcolato su scala nazionale il consumo reale di carne, applicando il metodo della detrazione preventiva delle perdite, che fornisce un dato affidabile sul reale consumo di carne¹¹. I risultati ottenuti indicano un consumo medio giornaliero pro-capite pari a 104 g, equivalente a 38 kg annui. Tale valore si colloca perfettamente entro la fascia raccomandata da diversi organismi di ricerca internazionali di consumo di carne.

Alcune informazioni sulle tendenze del consumatore italiano nei confronti di alimenti "alternativi alla carne" sono state fornite da un recente studio che ha svolto una dettagliata analisi della letteratura per comprendere l'atteggiamento nei confronti di alimenti proteici di origine vegetale, di insetti e di carne ottenuta in laboratorio¹².

Nei riguardi degli alimenti proteici di origine vegetale il consumatore italiano manifesta un certo interesse e dimostra di conoscere alcuni dei prodotti disponibili sul mercato. Le motivazioni per il consumo di tali prodotti includono principalmente aspetti di carattere salutistico, anche se emergono alcune preoccupazioni sulle tecnologie di lavorazione industriale adottate. Sta inoltre emergendo una certa attenzione anche ai benefici ambientali di una fonte proteica di origine vegetale, anche se i consumatori non hanno informazioni adeguate su tale aspetto. Il consumatore in linea generale ritiene necessaria una maggiore e più trasparente informazione sui costituenti e sui valori nutrizionali dei prodotti disponibili in commercio; inoltre, ritiene auspicabile un processo di miglioramento di alcune caratteristiche sensoriali.

Nei riguardi del consumo di insetti emergono forti barriere di diffidenza, responsabili di una scarsa disponibilità e interesse dell'italiano all'assaggio degli insetti e al loro inserimento nella dieta. Gli insetti vengono considerati lontani dai gusti alimentari fondamentali e preoccupanti anche da un punto di vista sanitario, per la possibile trasmissione di patogeni. Pressoché nulle sono le informazioni su aspetti nutrizionali e su tecniche di allevamento.

Nei confronti della "carne artificiale", ottenuta in laboratorio a partire da cellule, il consumatore italiano è spesso influenzato da frammentarie notizie di mezzi di comunicazione e raramente possiede informazioni tecnico-scientifiche adeguate. L'atteggiamento emergente è sostanzialmente positivo per le esternalità di tipo ambientale, considerando la carne ottenuta in laboratorio con migliore impronta ambientale rispetto alla

¹⁰ <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/meat/italy>

¹¹ V. Russo et al.(2017). Consumo reale di carne e di pesce in Italia. F. Angeli Ed., Milano.

¹² M.C. Mancini & F. Antonioli (2022). Italian consumers standing at the crossroads of alternative protein sources: cultivated meat, insect-based and novel plant-based foods. Meat Science 193-108942

carne ottenuta da animali allevati. Il valore intrinseco del prodotto è considerato, anche se in assenza di prove comparative di assaggio, non comparabile con le caratteristiche sensoriali della carne propriamente detta. Poco o nulla si sa delle tecnologie di produzione in laboratorio. Forti perplessità vengono manifestate sui costi e quindi sull'accessibilità in futuro del prodotto.

Quali sono le principali criticità dei prodotti alimentari “alternativi alla carne”?

Alimenti proteici di origine vegetale

Si ravvisa innanzitutto la necessità di un ulteriore sviluppo della tecnologia da applicare agli alimenti proteici di origine vegetale per renderli effettivamente “simili” alla carne. Vanno, per esempio, risolti i problemi di scarsa capacità di ritenzione idrica e di scarsa succulenza degli alimenti di origine vegetale, gli aromi non gradevoli dei derivati della soia, provenienti da varie molecole, quali saponine e isoflavoni¹³. Inoltre, vanno accuratamente indagati gli aspetti relativi alle potenziali allergenicità e intolleranza, dovute alla vasta inclusione di proteine di origine vegetale (soia, pisello, frumento, patata, fagioli, riso,...), così come di altrettanto numerosi additivi impiegati per cercare di rendere il prodotto quanto più simile possibile alla carne. Gli alimenti proteici di origine vegetale possono presentare contaminazioni da micotossine responsabili di gravi patologie per il consumatore. In uno studio recente sono stati evidenziati su una serie di alimenti proteici di origine vegetale livelli critici di aflatoossine, di ocratossina A e di alternariolo¹⁴. La criticità di esposizione a tali sostanze tossiche è da mettere in relazione sia alla concentrazione della singola micotossina presente nell'alimento, sia all'esposizione multipla a più micotossine. Ulteriori indagini devono essere rivolte a comprendere possibili evoluzioni chimiche di composti sensibili ai trattamenti termici, così come le possibilità di contaminazioni microbiologiche¹⁵. I processi tecnologici ai quali sono sottoposte le proteine vegetali (estrazione, purificazione, ricomposizione degli elementi strutturali) possono diminuirne il valore biologico e nutrizionale¹⁶.

Alimenti proteici derivanti da insetti

Il consumo di insetti può essere associato al rischio di trasmissione di agenti patogeni, a causa di insufficienti standard relativi alla sicurezza alimentare¹⁷. L'Unione Europea ha incluso gli insetti nel novero dei cosiddetti “Novel Food”, stabilendo una apposita regolamentazione. Tutti i nuovi prodotti alimentari, prima di essere immessi sul mercato,

¹³ V.K. Joshi & S. Kumar (2015). Meat analogues: plant based alternatives to meat products: a review. *Int. J. Food Fermentation Technology*, 5: 107-109.

¹⁴ O.A. Mihalache et al. (2023). Multi-mycotoxins determination in plant-based meat alternatives and exposure assessment. *Food research international*, 168, 112766.

¹⁵ L. Sha & Y.L. Xiong (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: science, technology, and challenges. *Trends in food science & technology*, 102: 51-61.

¹⁶ D.J. McClements, L. Grossmann (2021). A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods. *Npj Science of food*, 5 (1).

¹⁷ I. Ismail et al. (2020). Meat analog as future food: a review. *J. Anim. Sci. Technology*, 62: 11-120.

devono essere sottoposti ad approvazione da parte dell'EFSA ("European Food Safety Authority")¹⁸.

Con il Regolamento 2283 del 2015 l'Unione Europea stabilisce, tra l'altro, che si debbano valutare i seguenti elementi:

- " se la sicurezza del nuovo alimento in esame è pari a quella degli alimenti che rientrano in una categoria comparabile già presente sul mercato dell'Unione";
- "che la composizione del nuovo alimento e le condizioni d'uso non presentano un rischio di sicurezza per la salute umana nell'Unione";
- "se un nuovo alimento destinato a sostituirne un altro non ne differisca in maniera tale da rendere il suo normale consumo svantaggioso per il consumatore sul piano nutrizionale".

Alimenti proteici derivanti da carne prodotta in laboratorio da cellule ("carne artificiale")

La carne prodotta in laboratorio dovrebbe derivare da tecniche in grado di replicare perfettamente quello che accade in natura, compreso il ruolo del sangue nel trasporto di ossigeno e di numerosi nutrienti, così come l'interazione tessutale tra grasso, muscolo e connettivo. Tutto ciò risulta, allo stato attuale delle conoscenze, un obiettivo lontano da raggiungere¹⁹.

Nella tab. 1 vengono indicati in modo schematico i potenziali rischi connessi con la produzione di carne in laboratorio²⁰.

	Trasmissione di infezioni (zoonosi e altro)	Residui e sottoprodotti	Agenti stimolanti	Contaminazione biologica
Selezione cellulare	*	*		*
Produzione	*	*	*	*
Raccolta		*	*	*
Trasformazione		*	*	*

Tab. 1 Rischi potenziali nel processo di produzione della carne in laboratorio (FAO, 2022)

Per prevenire la contaminazione da microrganismi durante le prime fasi di isolamento, selezione e conservazione delle linee cellulari, così come nelle prime fasi della proliferazione, è di solito previsto l'impiego di antibiotici. Per una perfetta conservazione delle linee cellulari vengono impiegate sostanze crio-protettive. Prima dell'inizio della fase della moltiplicazione vengono eseguiti trattamenti per eliminare le suddette molecole, al fine di evitare rischi di residui nel prodotto finale. Nonostante le fasi di sviluppo cellulare

¹⁸ EU – Regulation 2015/2283 on Novel Foods.

¹⁹ R.E. Santo et al.(2020). Considering plant-based meat substitutes and cell-based meats: a public health and food systems perspectives. *Frontiers in sustainable food system*, 4: 1-23.

²⁰ FAO (2022) Thinking about the future of food safety. A foresight report. <https://www.fao.org/3/cb8667en/>

avvengano in un ambiente sterile, per ridurre al minimo i rischi possono essere impiegati antimicrobici consentiti, quali il sodio benzoato.

La fase di processazione del prodotto, al fine di renderlo “simile” alla carne, prevede l'aggiunta di ulteriori ingredienti e additivi, che possono causare allergie in soggetti sensibili. Inoltre, i trattamenti enzimatici e termici a cui è sottoposto il prodotto nelle fasi finali della lavorazione, possono causare fenomeni di ossidazione della componente organica e di degradazione biologica, con formazione di sottoprodotti indesiderabili.

Sulla base di quanto evidenziato dalla letteratura disponibile, la maggior parte dei potenziali rischi per la sicurezza alimentare derivanti dalla catena di produzione degli alimenti proteici derivanti da carne prodotta in laboratorio a partire da cellule è ampiamente conosciuta. Si tratta quindi di prevedere l'applicazione di rigorosi protocolli di analisi dei punti critici (HACCP) e di adottare strumenti avanzati di controllo e di mitigazione del rischio.

I prodotti alimentari “alternativi alla carne” possiedono proprietà nutrizionali e salutistiche comparabili o superiori alla carne?

Oltre a considerazioni sul valore intrinseco di un alimento, legato ad alcune componenti, la validità dovrebbe essere misurata anche nell'ambito della dieta nel quale è inserito, in relazione ai vari fattori che influenzano i fabbisogni nutrizionali (età, attività fisica,...).

Gli alimenti proteici di origine vegetale vengono spesso pubblicizzati come un toccasana sul piano dietetico-salutistico, con notevoli vantaggi rispetto al consumo di carne. Nel sottolineare che ogni valutazione delle proprietà di un alimento dovrebbe scaturire da studi scientifici rigorosi e “indipendenti”, cioè non legati agli interessi commerciali, dovremmo considerare come tali alimenti entrano a far parte della dieta. Per esempio, se un burger vegetale viene consumato in un fast-food unitamente a patate fritte e ad una bevanda zuccherina, risulta difficile arrivare alla conclusione che tale alimento possa produrre benefici sulla qualità generale della dieta²¹. Rimanendo nel campo degli alimenti proteici di origine vegetale, i numerosi e intensi processi di lavorazione del prodotto, allo scopo di renderlo “simile” alla carne, fanno inevitabilmente perdere alcuni dei nutrienti naturalmente presenti o aggiunti come additivi. Il valore biologico della proteina di alimenti di origine vegetale risulta inferiore rispetto a quello della carne, sia a causa di una minore digeribilità e biodisponibilità, sia causa di una scarsa presenza di amminoacidi essenziali e limitanti primari, quali la lisina e la metionina²².

Gli alimenti proteici derivanti da insetti hanno in generale un buon valore di composizione nutrizionale, legato sia alla qualità della proteina, sia alla composizione acidica del grasso. Sono riscontrabili variazioni di rilievo della composizione chimica e del

²¹ F.B. Hu et al. (2019). Can plant-based meat alternatives be part of a healthy and sustainable diet? *Journal of American Medical Association*, 16: 1547-1548.

²² M.S. Edge & J.L. Garrett (2020). The nutrition limitations of mimicking meat. *Cereals Foods World*, 65, n° 4.

valore nutrizionale, in relazione alla specie, allo stato di sviluppo, all'origine della dieta e ai diversi metodi di trattamento tecnologico delle farine di insetti²³.

Il valore nutrizionale degli alimenti proteici derivanti da carne prodotta in laboratorio da cellule ("carne artificiale") potrebbe sembrare, fermandoci a quanto dichiarato negli intenti, identico a quello della carne derivante da animali. L'analisi della letteratura scientifica, ancora piuttosto frammentaria, non permette tuttavia di confermare tale ipotesi. In mancanza del meccanismo omeostatico che si sviluppa nel sistema biologico animale, la carne "coltivata" differisce in vario modo dalla carne vera e propria²⁴. La composizione amminoacidica della carne prodotta in laboratorio a partire da cellule non è ancora ben conosciuta e può essere influenzata dai processi tecnologici adottati. Se è vero che la "carne artificiale" contiene rapporti migliori tra acidi grassi insaturi e saturi, poco si conosce sulla sua stabilità all'ossidazione. Inoltre, le cellule muscolari coltivate in laboratorio non sono in grado di sintetizzare sali minerali e vitamine²⁵.

I prodotti alimentari "alternativi alla carne" hanno una sostenibilità ambientale migliore rispetto ai sistemi zootecnici di produzione della carne?

La risposta a tale domanda risulta piuttosto difficile per due principali ordini di motivi:

- I dati riportati in letteratura sull'impronta ambientale della produzione di alimenti di origine animale sono spesso contrastanti, discutibili sulle metriche adottate, e non prendono in esame alcune esternalità positive, come successivamente precisato;
- I dati scientifici disponibili sull'impronta ambientale dei prodotti "alternativi alla carne" non tengono conto, nella maggior parte dei casi, dell'intero ciclo di produzione.

Le criticità dei dati solitamente riportati per la descrizione dell'impronta ambientale dei sistemi zootecnici sono relative ai seguenti principali elementi:

- Nella stima del fabbisogno complessivo di acqua per la produzione di un Kg di carne, o di altri prodotti di origine animale, si considera anche l'acqua piovana ("green water"), che altrimenti risulterebbe inutilizzata. Se si considera solo il fabbisogno idrico relativo ai prelievi da acquedotto o da pozzo ("blue water") il fabbisogno idrico reale si riduce a circa un decimo.
- I dati relativi al consumo di suolo includono anche aree pascolive o simili, non utilizzabili per altri scopi (agricoli o di altra natura). Il pascolamento del bestiame in tali aree fornisce una serie di servizi ecosistemici, tra i quali un considerevole sequestro di carbonio.
- I dati relativi all'emissione di gas serra equiparano il metano di origine biogenica, prodotto cioè dai ruminanti, al pari del metano di altra origine, trascurando che nel caso del metano derivante dalla ruminazione i tempi di emivita in atmosfera sono

²³ L. Kourimska & A. Adamkova (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J*, 4: 22-26.

²⁴ R.K. Miller (2020). A 2020 synopsis of the cell-cultured animal industry. *Animal Frontiers*, 10: 64-72.

²⁵ K Broucke et al. (2023). Cultured meat and challenges ahead: a review on nutritional, technofunctional and sensorial properties, safety and legislation. *Meat Science*, 195, 109006.

immensamente inferiori. Il calcolo della CO₂ totale prodotta risulta pertanto ampiamente erroneo per eccesso.

Gli alimenti proteici di origine vegetale presentano, sulla base degli studi disponibili, un'impronta ambientale migliore della carne derivante da allevamenti, ma peggiore rispetto sia agli alimenti proteici derivanti da insetti, sia agli alimenti proteici derivanti da carne prodotta in laboratorio²⁶. L'impronta ambientale complessiva varia in modo non trascurabile da alimento ad alimento, in funzione sia dei componenti di base, sia, e soprattutto, degli additivi impiegati e delle tecnologie adottate. Tuttavia, limitandoci alla fase primaria della produzione agricola, la coltivazione delle leguminose influisce positivamente sulla fissazione dell'azoto nel suolo e sulla biodiversità²⁷.

Quali sono le principali domande di ricerca sui prodotti alimentari “alternativi alla carne”?

La ricerca sui prodotti alimentari “alternativi alla carne” trattati nella presente relazione può essere considerata ai primi stadi e lascia aperte molte questioni. Si ravvisa l'urgenza di colmare i *gap* esistenti per fornire adeguati supporti al legislatore e al decisore politico. Si elencano di seguito le principali esigenze di ricerca per le principali aree di interesse.

Sicurezza alimentare e salute pubblica

- Studi epidemiologici per verificare l'impatto del consumo di nuove fonti proteiche sulla qualità della dieta, su *biomarkers* metabolici, sul microbioma intestinale, rispetto al consumo di carne;
- Studi per verificare l'eventuale comparsa di allergie e/o di intolleranze alimentari;
- Metodi per verificare l'autenticità e la tracciabilità di quanto dichiarato in etichetta;
- Controlli per accertare la presenza di eventuali contaminanti o processi di alterazione di alcuni componenti che possono rappresentare rischi per il consumatore.

Sostenibilità ambientale

- Realizzazione di studi comprensivi di tutte le componenti del sistema produttivo, che mettano a confronto con le stesse metodologie e metriche diverse fonti proteiche;
- Analisi dell'impronta ambientale complessiva di ciascun prodotto

Aspetti economici e sociali

- Analisi dei costi in funzione delle tecniche produttive, della composizione dei prodotti e delle economie di scala;
- Analisi dei fattori sociali implicati nelle scelte di consumo;
- Esigenze di trasparenza, accessibilità e completezza delle informazioni relative ai prodotti;

²⁶ S. Smetana et al. (2023). Meat substitutes: resource demands and environmental footprints. *Resources, conservation, & recycling*, 190 – 106831.

²⁷ R.E. Santo et al. (2020). Considering plant-based meat substitutes and cell-based meats: a public health and food systems perspectives. *Frontiers in sustainable food systems*, 4: 1-23.

- Identificazione di chiare e inequivocabili terminologie, eliminando la diffusa “ambiguità terminologica”;
- Previsioni di evoluzione della domanda e di disponibilità future sia di carne, sia di alimenti alternativi.

Tipologie di prodotto e caratteristiche

- Ricerca di nuovi alimenti proteici
- Analisi sensoriali degli alimenti proteici di varia origine