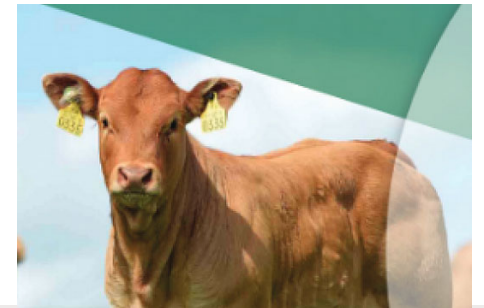
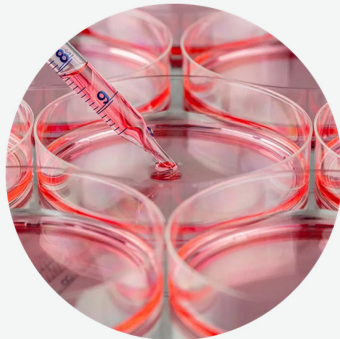


# La carne coltivata: stato dell'arte e futuro

Maria Grazia Cofelice  
Maurizio Ferri

Servizio Veterinario, ASL Pescara



# Parlerò di:

---

- Terminologia & Storia
- Contesto
- Carne coltivata e religione
- Regolamentazione
- Il processo di produzione di carne coltivata
- Pericoli potenziali associati alla carne coltivata (microbiologico, chimico, fisico e mutageno)
- Impatto ambientale e strategie alternative di efficienza energetica
- Conclusioni

# Terminologia & Storia

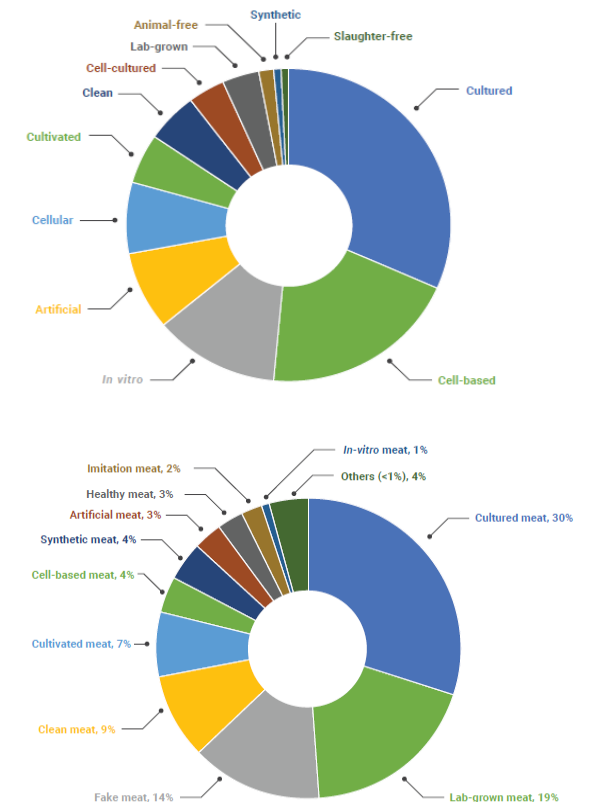
# Cos'è la carne coltivata?

- è un ingrediente proteico costituito da cellule muscolari e adipose, solitamente cellule staminali prelevate da un animale e fatte replicare in un bioreattore
- afferisce alla agricoltura cellulare: tecnologia delle colture cellulari + biologia delle cellule staminali e ingegneria tissutale-cellulare (settore della medicina rigenerativa)
- le cellule muscolari e adipose risultanti sono strutturate in materiali di impalcatura 3D per realizzare formati familiari come una bistecca o bocconcino di pollo
- a livello cellulare il risultato è una carne identica a quella prodotta in modo convenzionale.



# Terminologia

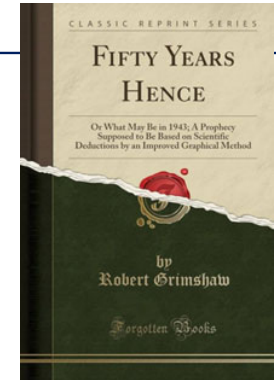
- Report FAO-WHO (2023) elenca 23 diverse denominazioni tra cui: *cell-based meat*, *cultivated meat*, *lab-grown meat*, *clean meat*, *cultured meat* o *in vitro meat*
- cellulare e coltivato sono le principali terminologie usate dall'industria e dalle autorità di regolamentazione
  - terminologia aspecifica: cell-based food o cell-based food production
  - terminologia specifica: cultivated' o cultured meat, chicken, fish ecc...



FAO-WHO 2023. Food safety aspects of cell-based food

# Un po' di storia

- 1923: l'idea del cibo sintetico o coltivato in laboratorio nel lavoro 'Dedalo della scienza e del futuro' di JBS Haldane
- 1930: Frederick Smith menziona bistecche e petti di pollo prodotti in laboratorio nel 2030
- 1931 saggio "Fifty Hears Hence" di Winston Churchill: *sfuggiremo all'assurdità di far crescere un pollo intero per mangiare il petto o l'ala, coltivando queste parti separatamente in un mezzo adatto*
- 2001-2002: NASA prima ricerca su coltura di cellule muscolari di tacchino e filetto di pesce coltivato e pubblica la prima ricerca di carne coltivata
- 2013: Mark Post presenta il primo prototipo di carne a base di cellule di muscolo scheletrico bovino sotto forma di hamburger, con un prezzo di circa 290 mila euro per 142 grammi.
- L'olandese Willem van Eelen considerato il pioniere della carne coltivata, ha iniziato a lavorare su questa tecnologia già negli anni '80.



# Contesto



# Perché la carne coltivata?

- produzione intensiva di carne convenzionale infligge esternalità negative sulla sanità pubblica, ambiente e benessere degli animali
  - gli allevamenti intensivi sono insostenibili: responsabili per il 14,5 % delle emissioni di gas a effetto serra (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) e richiedono terreni, mangimi, infrastrutture, acqua
  - 18% calorie globali e 37% delle proteine globali
- alternativa ecologica alla carne convenzionale
  - meno impattante sull'ambiente
  - riduzione della deforestazione
  - protezione della biodiversità
  - riduzione delle macellazioni
  - minor rischio di trasmissione di malattie zoonosiche (influenza aviaria, salmonella)
  - riduzione utilizzo di antibiotici





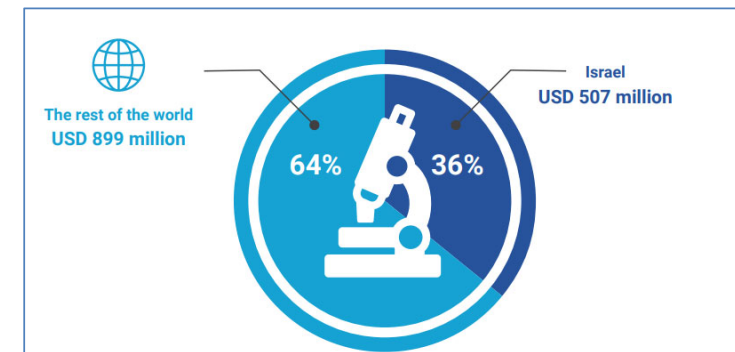
# Start-ups nel mondo


- distribuzione geografica delle aziende produttrici di carne coltivata
- oltre 180 start-ups impegnate nella ricerca sui cibi coltivati: 48 in Europa il resto in Israele, Regno Unito e Stati Uniti



# Finanziamenti & Ricerca

- investimenti pubblici e privati nel settore della carne coltivata hanno registrato una crescita esponenziale da sei miliardi di dollari nel 2016 a 1.380 nel 2021 (es. Tyson, Cargill e JBS)
- brasiliana JBS: 100 milioni di dollari start-up spagnola Bio Tech Foods
- US-USDA: 10 milioni di dollari al centro di eccellenza nell'agricoltura cellulare di Tufts University: alleanza tecnologica per la carne coltivata attraverso un consorzio di aziende
- le aziende più rilevanti e promettenti ed i relativi finanziamenti globali fino al 2018



Selected cultured meat companies			
Appleton Meats	Biofood	Memphis Meats	<b>\$50 million</b> in global funding up to 2018 
biftec.co	New Age Meats	Integriculture	
FM	Meatable	mosa meat	
Mission Barns	Balletic Foods	Hs Higher Steaks	
avant	Aleph Farms	JUST	
Kiran	SuperMeat		

# Produzione e vendita nel mondo

- 2020: Singapore Food Agency autorizza vendita da parte di Good Meat di crocchette di pollo a base di cellule coltivate
- 2023: Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) autorizza Good Meat e Upside Food per la distribuzione commerciale di prodotti a base di pollo coltivato
- Start-up israeliana autorizzata per produzione di carne coltivata dalle cellule bovine



# Produzione e vendita nel mondo

- Svizzera: richiesta inoltrata da israeliana Aleph Farms per commercializzazione della bistecca di manzo prodotta in laboratorio
- Regno Unito, luglio 2024: attivata vendita di prodotti a base di carne coltivata per animali domestici (pet-food)
- Paesi Bassi: autorizza tramite panel di assaggio pubblici di alimenti coltivati (Meatable e Mosa Meat)
- Germania: prima richiesta di pre-autorizzazione per la salsiccia coltivata dalla azienda biotecnologica tedesca The Cultivated
- Francia: start-up Gourmey ha presentato alla UE la prima richiesta di autorizzazione per la vendita di *foie gras* coltivato.



# Italia

- Ottobre 2023. legge che vieta la produzione, commercializzazione e importazione della carne coltivata
- Criticità
  - contravviene alla *ratio* del principio di precauzione del Regolamento CE 178/2002 che si applica a prodotti già commercializzati;
  - violazione delle norme del mercato unico dell'UE: articolo 34 del TFUE che vieta le restrizioni quantitative alle importazioni tra Stati membri
  - viola procedura TRIS: testo adottato prima della fine del periodo di fermo per la valutazione della Commissione europea



22 LAVORISTI - 10/11/2023

## IL FUTURO DEL CIBO

### No alla carne coltivata

60 mila. È il numero di firme raccolte per un referendum che si terrà il 10 dicembre.

Ok della Camera alla norma che vieta produzione e vendita in Italia. Bagarini in piazza: il presidente Coldiretti sputona il deputato di Europa. Le opposizioni: "Inaccettabile, si scusi". Lollobrigida: "Solo una baruffa"

**60 mila** È il numero di firme raccolte per un referendum che si terrà il 10 dicembre.

**Una legge nata da un volantino**  
Elena Cattaneo  
La senatrice a vita e docente universitaria: nel testo affermazioni infondate. Un gruppo di interesse manipola la realtà e mostra gli scienziati come avvelenatori

**IL DEBITO DELLA CARNE COLTIVATA**

Consumo di carne coltivata	-58%
Costo di produzione	-73%
Prezzo di vendita	300
Prezzo di mercato	450
Prezzo di vendita	150

**ATTUALITÀ POLITICA**  
Divieto di carne coltivata è legge, scontro Prandini-Della Vedova  
By Benedetta Ferrari - 17 Novembre 2023



# Divieti di carne coltivata nel mondo


- 12 paesi della UE contro la carne coltivata (es. Francia, Austria, Italia), richiesta una moratoria: ...prima di decidere serve una valutazione d'impatto....
- US: Florida e Alabama

Robb Report

## Alabama and Florida Just Banned the Sale of Lab-Grown Meat

Tori Latham  
10 May 2024 · 2-min read



 Council of the European Union

Brussels, 18 January 2024  
(OR. en)

5469/24

AGRI 22  
AGRILEG 12  
AGRIFIN 2  
AGRISTR 2  
AGRIORG 3

**NOTE**

From: General Secretariat of the Council  
To: Council

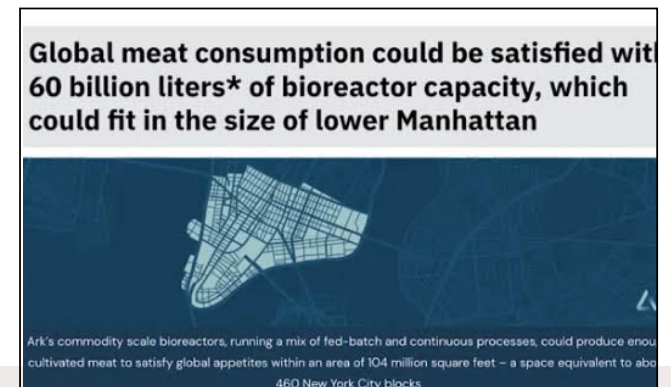
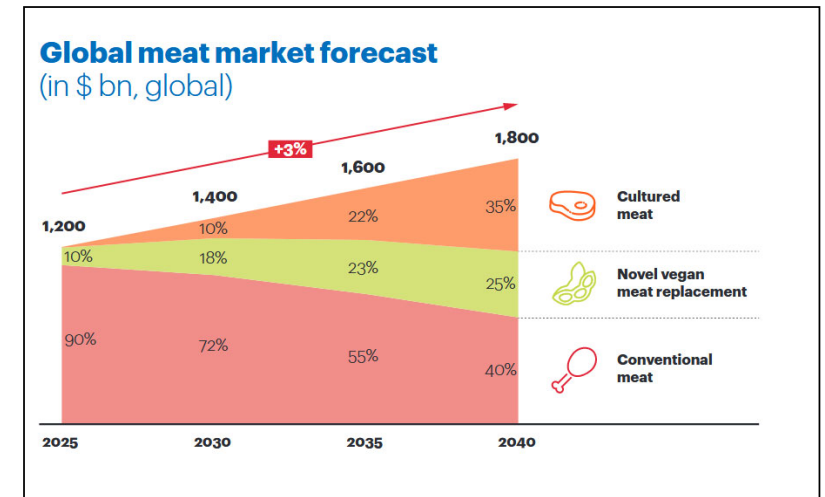
Subject: The CAP's role on safeguarding high-quality and primary farm-based food production  
*- Information from the Austrian, French and Italian delegations, supported by the Czech, Cypriot, Greek, Hungarian, Luxembourg, Lithuanian, Maltese, Romanian and Slovak delegations*

With a view to an 'Any other business' item at the Council ('Agriculture and Fisheries') on 23

per kilogram of meat produced compared to genuine meat.<sup>3</sup> **We call on the Commission to ensure accurate and independent science-based information sharing and counter any deceiving greenwashing-campaigns. If this information shows that lab-grown meat provides no clear benefits such as for the environment, consumers' health, rural areas and farmers, we will not be in a position to take into consideration the development of this new sector in the EU.**

# Stime di produzione di carne coltivata

- società di consulenza AT Kearney: nel 2040 la carne coltivata rappresenterà il 35% del mercato della carne mentre quella convenzionale solo il 40%
- rapporto Mc Kinsey:
  - entro il 2030 in uno scenario di crescita elevata (es. commercio di più ampia scala in Cina, US, EU, Brasile, India) la produzione potrebbe arrivare a 2,1 milioni di tonnellate, con un valore di mercato di 25 miliardi di dollari (0,5% della domanda globale di carne: circa 375 tonnellate)
  - necessari bioreattori con una capacità di 60 milioni di litri
  - i più grandi oggi 2 mila litri (operativo), 6 mila litri (Good Meat, Singapore) e 10 ml (Omeat, US).



# Carne coltivata e Religione





# Carne coltivata: Kosher & Halal



- Ebrei e musulmani ortodossi mangiano solo cibo che rispetta i criteri stabiliti dalla religione, definiti kosher nel primo caso e halal nel secondo.
- norme kosher: i prodotti a base di carne devono provenire da animali macellati e nulla può essere derivato da una creatura vivente
- l'autorità di certificazione kosher 'Unione Ortodossa' ha di recente certificato come kosher prodotti a base di pollo della start-up israeliana Super Meat a partire da cellule staminali di uova fecondate prima che compaiano macchie di sangue
- norme halal: l'autorità di certificazione halal sostiene che le cellule devono provenire da animali macellati secondo proprio rito religioso
- US: carne prodotta da Good Meat ha ricevuto l'ok al consumo, non soddisfa i requisiti richiesti ma secondo l'azienda ora è più chiara la direzione in cui procedere.

# Regolamentazione

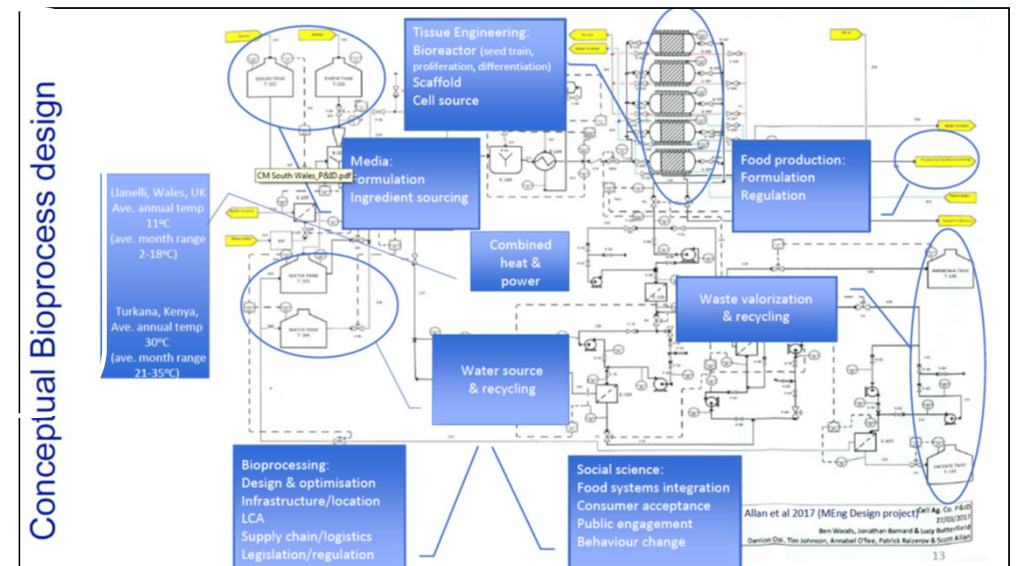


# Valutazione del rischio & Autorizzazioni

- la carne coltivata disciplinata dal [Regolamento \(UE\) 2015/2283 su novel food](#)
- **Valutazione del rischio:** Commissione europea richiede il parere scientifico favorevole di EFSA (Panel su nutrizione, nuovi alimenti e allergeni alimentari): prove di sicurezza, proprietà nutrizionali, tossicologiche e allergeniche
- **Gestione del rischio:** Commissione Europea e Stati membri dell'UE valuteranno gli aspetti economici, benessere animale, impatto sociali e/o di altro tipo
  - atto di esecuzione esaminato dal Comitato permanente per le piante, gli animali, gli alimenti e i mangimi (PAFF) (rappresentanti della Commissione e 27 stati membri).
- se realizzata con cellule ingegnerizzate o immortalizzate: valutazione di sicurezza ai sensi del Regolamento CE n. 1829/2003 su alimenti e mangimi OGM



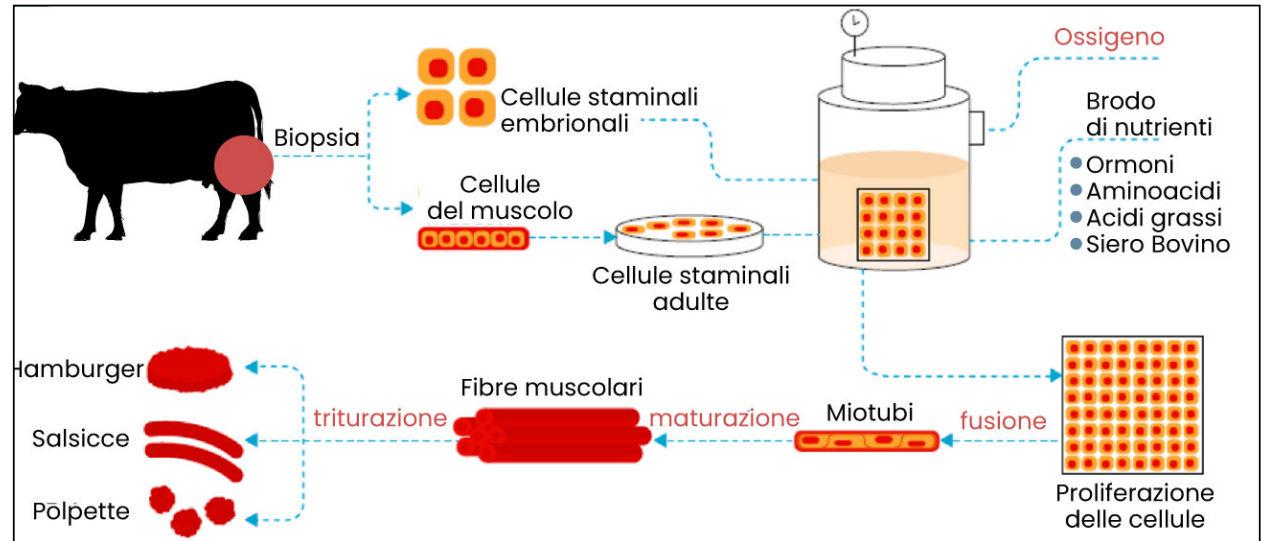
# Il processo di produzione di carne coltivata



Marianne Ellis, EFSA, Bruxelles 2023

# Le fasi del processo

- approvvigionamento cellulare
- isolamento cellulare
- coltura cellulare
- proliferazione cellulare
- differenziazione cellulare
- assemblaggio dei tessuti
- maturazione
- raccolta e lavorazione



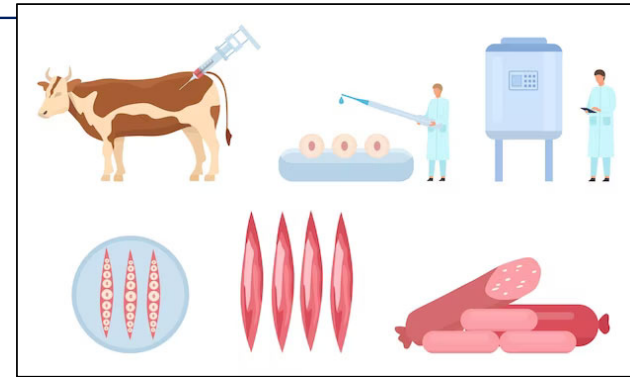
# Approvvigionamento cellulare

## ■ Biopsia

- da animale in buono stato di salute
- condizioni di sterilità
- campione costituito da un piccolo pool di cellule primarie isolate (muscolari, adipose, connettive, vascolari)
- svantaggi: variabilità tra i campioni, soglia di divisione (limite di Hayflick), biopsie continue

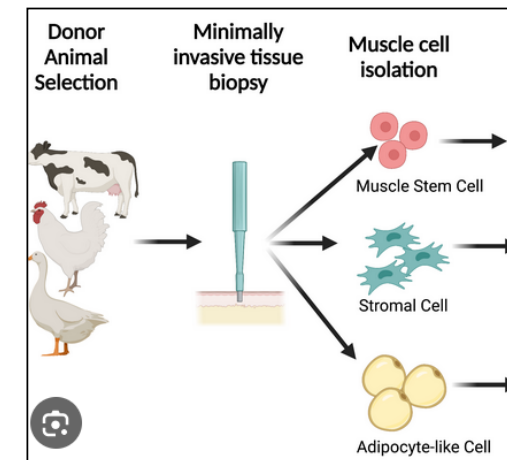
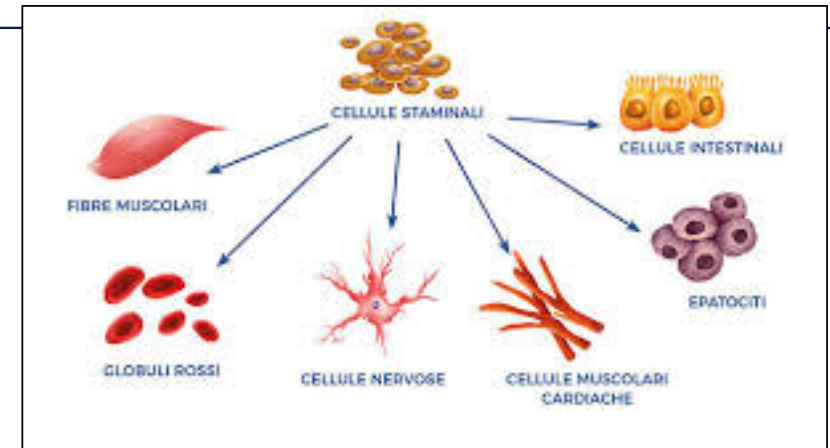
## ■ Linee cellulari

- stoccaggio linee cellulari in biobanche



# Selezione fonti cellulari ideali e isolamento

- cellule con una estesa attività di proliferazione
  - cellule staminali embrionali pluripotenti
  - cellule staminali pluripotenti indotte (iPSCs)
  - cellule staminali mesenchimali o cellule staminali adulte (es. cellule muscolari satelliti bovine)
- campione di tessuto sottoposto a digestione enzimatica o rottura meccanica e spianto cellulare
- rilascio di singole cellule dalla matrice tissutale ed isolamento di quelle desiderate (es. muscolari, fibroblasti, adipociti)



# Coltura cellulare

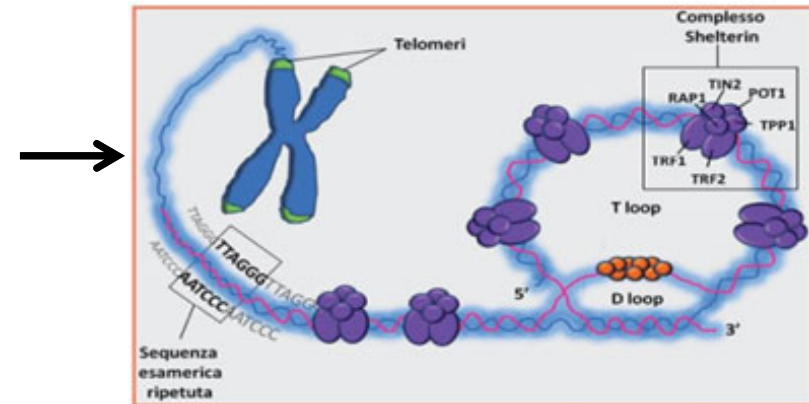
- terreni di coltura
  - soluzione di glucosio, AA, sali inorganici, vitamine, antibiotici, antimicotici
  - fattori aggiuntivi specifici per mantenimento, proliferazione e differenziazione cellulare: fattori di crescita, proteine ricombinanti, ormoni
- siero fetale bovino (FBS)
- formulazioni *serum-free* o con siero ridotto
- fattori di crescita: es. fattore di crescita trasformante beta (TGF- $\beta$ ), fattore di crescita dei fibroblasti 2 (bFGF2) (costi).





# Immortalizzazione cellulare

- Anni 50': prime linee cellulari cellule immortalizzate HeLa, know-how adattato da industria farmaceutica
- non subiscono senescenza e possono presentare infinite divisioni
- immortalizzazione per trasformazione chimica, virale (retrovirus o adenovirus), genetica (genome editing o attivazione dell'enzima TERT (telomerase reverse transcriptase))
- processo spontaneo
  - staminali embrionali naturalmente immortali (Aleph Farms Ltd)
  - fibroblasti di pollo rese spontaneamente immortali (Believer Meats)
  - TUFTS University (US): cellule satellite immortalizzate provenienti dal muscolo bovino (iBSCs).

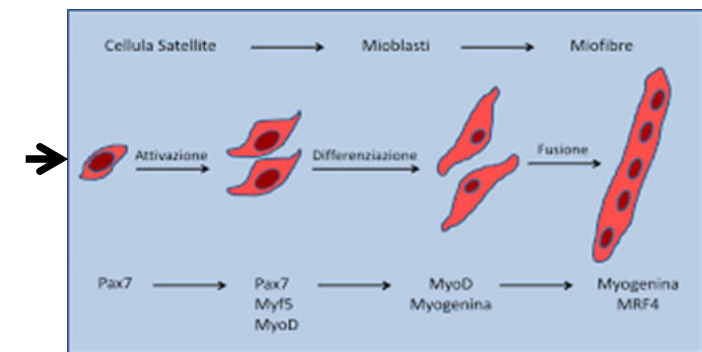


# Proliferazione cellulare e differenziazione: bioreattori

- bioreattori o fermentatori: condizioni ottimali di  $T^{\circ}$ , pH,  $O_2$  nutrienti
- proliferazione cellulare (colonie o grappoli)
- differenziazione cellulare

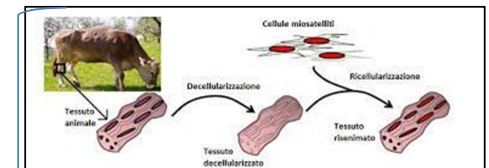
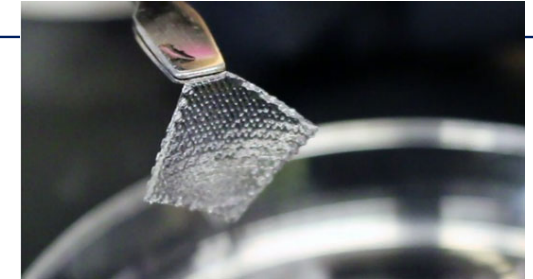
- cambiamento condizioni di coltura, alterazione della composizione dei nutrienti o applicazione di stimolazione meccanica/elettrica
- cellule miogeniche  $\Rightarrow$  mioblasti  $\Rightarrow$  miotubi  $\Rightarrow$  miociti funzionali

- assemblaggio dei tessuti & maturazione (settimane)
  - allineamento, formazione su impalcature tridimensionale (scaffolding) o microcarriers



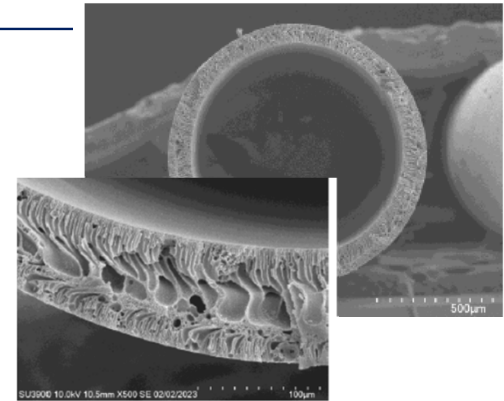
# Assemblaggio: impalcature (scaffolding) & microcarrier

- tecniche derivate dalla ingegneria tissutale
- Impalcature
  - mimano cito-architettura 3D muscolo, supporto per coltura cellulare, adesione, differenziazione, maturazione proliferazione, perfusione continua dei terreni
  - polimeri sintetici biodegradabili: PCL, acido arginilglicilaspartico (RGD)
  - biologici naturali anche di origine vegetale (mais), algale (alginato o carragenine) o fungina (chitosano)
  - utilizzo tessuto muscolare vegetale o animale decellularizzato
- microcarriers
  - non edibili: perle di polistirene o composti di materiali simili a quelli delle impalcature (elevato rapporto V/S)
  - edibili: polissaccaridi, polipeptidi, lipidi, PGA/PEG (sintetici).



# Assemblaggio: impalcature (scaffolding) & microcarrier

- come MOCA: separati dalle cellule e verifiche di sicurezza alimentare per eventuali residui nel prodotto finito
- coadiuvanti tecnologici: degradati o dissolti durante il bio-processo
- come ingredienti, additivi: resi commestibili utilizzando collagene e chitosani incorporati nel prodotto finito (stabilire un limite soglia)
- alcuni dei prodotti di scarto possono essere ulteriormente trattati o riciclati.



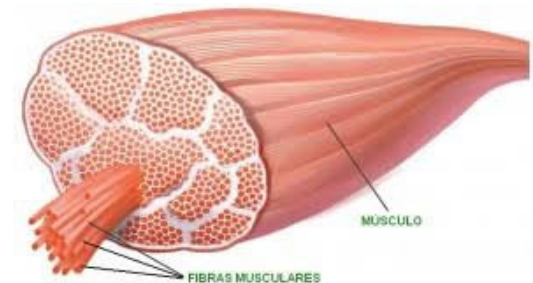
fibre cave riutilizzabili, es. polistirolo



Strisce di erba commestibili decellularizzati (cellulosa)

# Maturazione & Raccolta

- le fibre muscolari continuano a crescere e ad allinearsi e il tessuto subisce cambiamenti nella composizione e nella struttura per assomigliare alla carne matura
- maturazione può richiedere diverse settimane
- fase di raccolta e lavorazione: rimozione di componenti non muscolari, es. impalcatura o terreni di coltura, residui
- passaggi aggiuntivi per migliorare il sapore, consistenza e profilo nutrizionale
- dettagli specifici e le tecniche utilizzate variano a seconda dei metodi di produzione e delle tecnologie impiegate dalle diverse aziende o gruppi di ricerca.

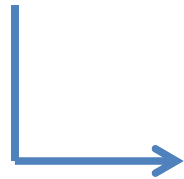


# Pericoli potenziali associati alla carne coltivata



# FAO/WHO Aspetti di sicurezza alimentare della carne coltivata

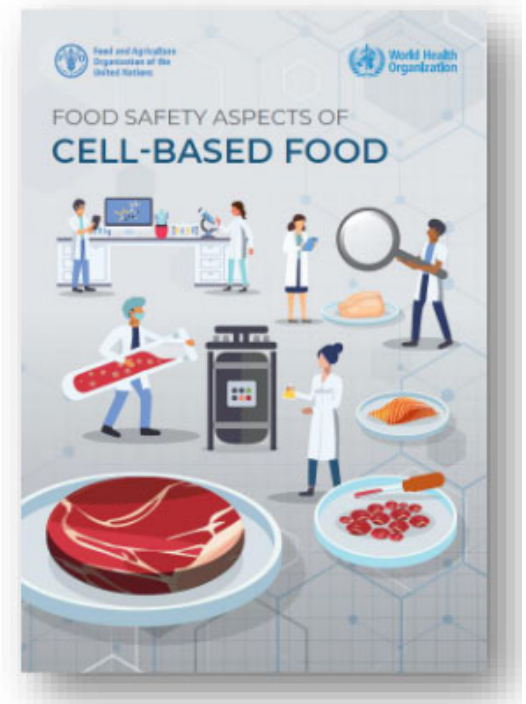
- **I pericoli non sono rischi**



## Valutazione del rischio

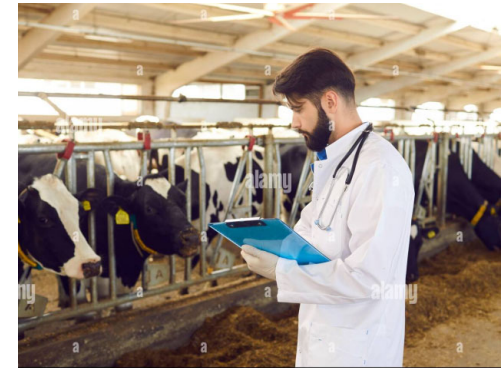
- Identificazione dei pericoli
- Caratterizzazione dei pericoli
- Valutazione dell'esposizione
- Caratterizzazione del rischi

- identificazione dei pericoli: identificati oltre 40 potenziali pericoli in quattro diverse fasi produttive (biopsia cellulare, coltura, produzione, raccolta e processo)
- molti pericoli sono già ben noti e presenti negli alimenti prodotti convenzionalmente
- la maggior parte dei casi di contaminazione microbica durante le fasi di crescita e produzione cellulare inibiscono la crescita cellulare
- alcuni rischi (es. antibiotici) sono simili a quelli presenti nella carne convenzionale



# Pericoli microbiologici

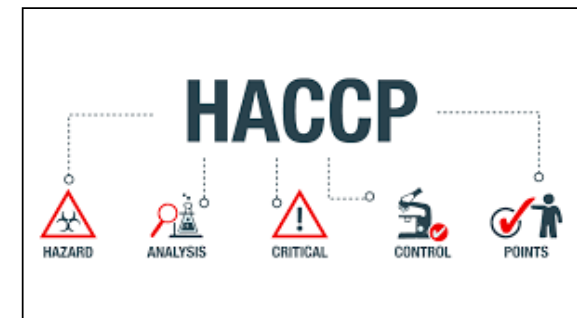
- valutare la **storia clinica degli animali donatori** con approcci diversificati a seconda della specie (**competenza veterinaria**)
- presenza potenziale di batteri patogeni (es. *Salmonella*, *Campylobacter*, *E. coli*) prioni, virus, funghi patogeni
- rischi di contaminazione (batterica o fungina) principalmente dal processo (ingredienti, strumentazione, operatori) e fasi produttive a valle (trasformazione alimentare e stoccaggio)
- processi di produzione a monte (coltura cellulare) introduzione di patogeni non comuni (es. **micoplasm**i a partire da reagenti, aria e apparecchiature contaminati).
- potenziale contaminazione virale da fonti cellulari, terreni contenenti SFB ed altri componenti derivati.





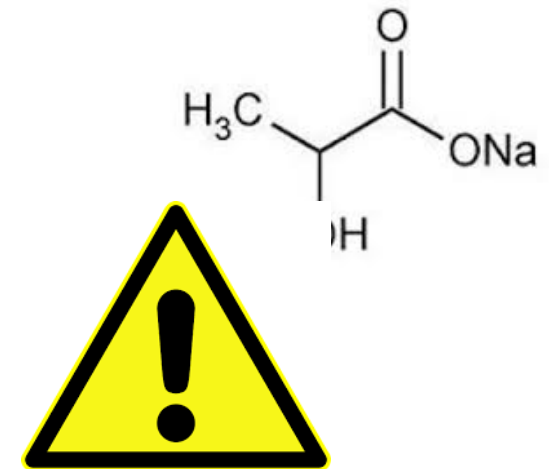
# Pericoli microbiologici: prevenzione

- monitoraggio regolare colture cellulari
- rispetto delle buone pratiche igieniche (GHP) intero processo produttivo: pulizia e sterilizzazione delle apparecchiature, adeguata separazione delle aree di produzione
- sistemi di gestione del rischio HACCP già applicati alle carni convenzionali
- mantenere la sterilità durante il processo (es. peptidi anti-microbici sintetici)
- **gap per valutazione del rischio**: mancanza accesso alle informazioni sui campioni, carenza di dati di processo e dati scientifici pubblici, standardizzazione o convalida dei test esistenti, carente collaborazione tra industria, gruppi di ricerca e mondo accademico



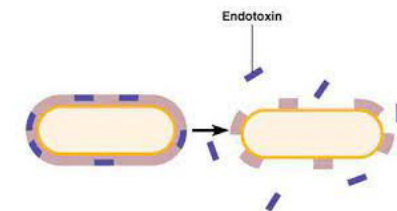
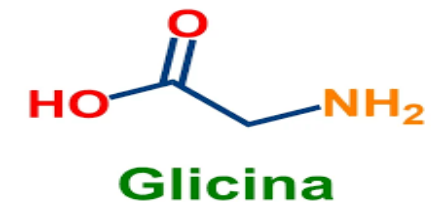
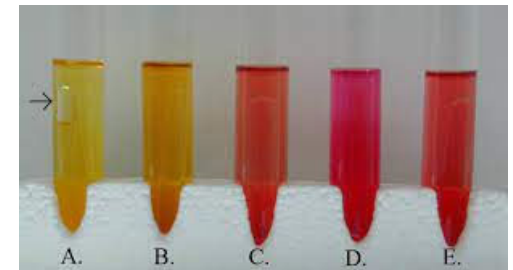
# Pericoli chimici

- riciclo terreni o produzioni ad elevata densità cellulare con accumulo di componenti o sottoprodotti metabolici
- introdotti nella biomassa nelle fasi di coltura, raccolta o lavorazione post-raccolta (es. collagene e molecole bioattive da terreni di coltura, additivi, materiali, impalcature)
- **ammoniaca e lattati**: cataboliti tossici rallentano la crescita cellulare anche a basse concentrazioni
- residui dei processi di sterilizzazione e/o degradazione nel tempo (es. tossicità, digeribilità, allergenicità di disinfettanti, detergenti o solventi)
- residui farmaci veterinari nelle biopsie (penicillina, streptomina e gentamicina)
- pericolo allergenico da nuove proteine come espressione genetica (approccio *in silico* può fornire informazioni sulla predizione allergenica).



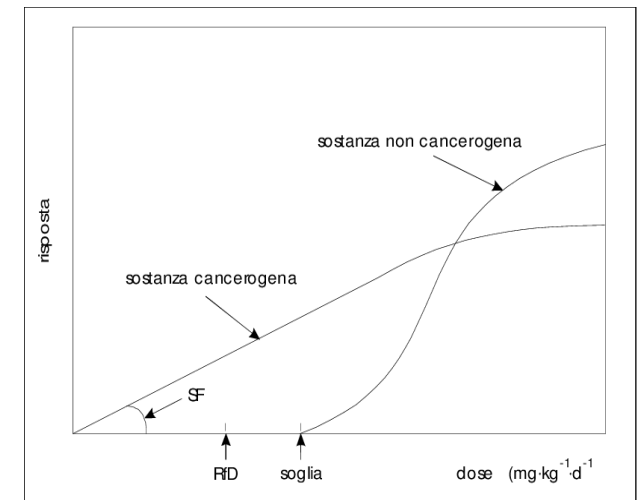
# Pericoli chimici

- studi carenti su: uso di molecole bioattive per alimenti; informazioni tossicologiche; valutazione del rischio su effetti potenziali di tipo autoimmunitario
- **rosso fenolo** (fenolftaleina) additivo utilizzato come indicatore di pH nei terreni di colture cellulari, non autorizzato come additivo alimentare per reazioni allergiche e potenziale cancerogenicità per l'uomo
- **collagene** utilizzato per impalcature ricco dell'aminoacido glicina con effetti collaterali per il consumatore
- **endotossine** nelle colture cellulari con ampia varietà di effetti.



# Pericoli chimici: prevenzione

- disponibilità di informazioni complete sui materiali e componenti (es. certificati di analisi) utilizzati in ciascuna fase (es. concetto di soglia di preoccupazione tossicologica (*Threshold of toxicological concern*-TTC))
- garanzia approvvigionamento di ingredienti di alta qualità e assenza di contaminanti chimici, come antibiotici, ormoni o metalli pesanti
- per alcune molecole sono disponibili dati che indicano una soglia sicura per il consumo
- **approccio *read-across***: indicazioni su sostanze non ben caratterizzate partendo da sostanze simili ma note
- **fase di purificazione**: riduzione/rimozione endotossine lipopolisaccaridi della membrana esterna di batteri Gram-negativi ubiquitari nell'ambiente e nell'acqua di rubinetto



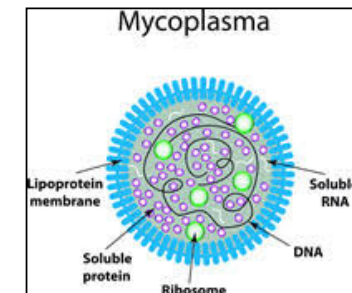
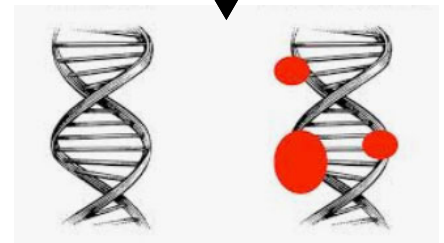
# Pericoli fisici

- contaminanti fisici indesiderati che possono essere introdotti durante la lavorazione da operatori umani, acqua, aria, attrezzature, ingredienti o materiali di imballaggio.



# Pericoli mutageni

- stimoli fisici e biochimici possono causare mutazioni accumulate con rischio di instabilità del genoma e deriva (epi)genetica delle linee cellulari
- possibili cambiamenti fenotipici (es. crescita alterata) e sintesi di proteine e/o metaboliti indesiderati (ad esempio potenziali tossine e allergeni)
- *Mycoplasma* spp. può compromettere stabilità genetica linee cellulari (5- 35%)

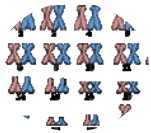


# Pericoli mutageni

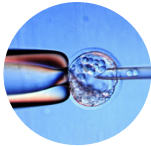
---

- Rischio di modificazioni genetiche elemento di preoccupazione dei consumatori
- Cellule precancerose o cancerose non umane non possono replicare all'interno del corpo umano
- Altamente improbabile integrazione del DNA delle cellule nel genoma del consumatore o trasferimento orizzontale del DNA nei batteri intestinali (scarse evidenze riferite ad alimenti OGM)
- FAO/WHO: improbabile sequenza eventi che consentono a cellule satellite bovine pluripotenti o immortalizzate, potenzialmente cancerogene o pre-cancerogene, di sopravvivere alle fasi di raccolta, maturazione/stoccaggio, cottura e digestione, superare la parete intestinale e formare tumori dopo il consumo

# Pericoli mutageni: prevenzione



valutazione della stabilità genetica e fenotipica rilevanti per la sicurezza alimentare mediante tecniche molecolari (es. cariotipo)



pericolo non esclusivo degli alimenti a base cellulare ma presente nelle procedure di riproduzione o clonazione convenzionali e terapie cellulari e industrie biosimilari (FAO/WHO, 2023)



materiale genetico e prodotti di degradazione sono già presenti in alimenti convenzionali e non sono pericolosi



Linee guida *Codex Alimentarius* (2008) applicata per garantire la sicurezza della modificazione genetica delle linee cellulari per produzione di cibo coltivato.

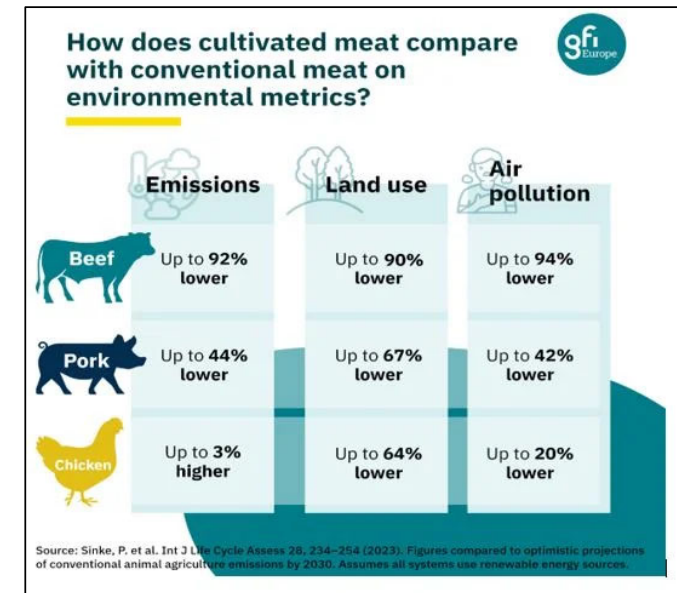


# Impatto ambientale e strategie di efficienza energetica



# Efficienza energetica ed impatto ambientale

- valutazione del ciclo della vita (LCA) per ottenere stime sull'energia ed emissioni gas climalteranti
- dati contrastanti, alti livelli di incertezza
- CE Delft Study (GFI 2023): Sinke P et al.. *The international J Life Cycle Assess* 28:234-254 (2023)
  - comparazione con la carne convenzionale: carne coltivata (bovino, suino, pollame) minor utilizzo dei terreni e riduzione delle emissioni gas climalteranti (carne bovina da 92-94% di riduzione)
  - con energia rinnovabile, l'impronta di carbonio ridotta in modo significativo
  - consumo di elettricità comparabile (in alcuni casi inferiore) a quella relativa all'allevamento polli
  - indice di conversione minore per la carne coltivata



# Efficienza energetica ed impatto ambientale

- Altri Studi (2019) e Università della California Davis (2023)
  - la carne coltivata non è climaticamente superiore alla carne convenzionale
  - l'agricoltura provoca molto meno riscaldamento: le emissioni di CH<sub>4</sub> non vengono accumulate nell'atmosfera, mentre CO<sub>2</sub> derivante dalla carne coltivata persiste e si accumula anche con un consumo ridotto.



# Fattori di costo per la produzione di carne coltivata

- terreni per la crescita cellulare
  - fattori di crescita (alto costo di livello farmaceutico)
  - aminoacidi
- Infrastrutture
  - impianti di costruzione (supporto)
  - bioreattori



DMEM/F12 contiene 50-52 ingredienti e vengono utilizzati come mezzo di partenza per le colture cellulari mammifere



Leibovitz-15 contiene 30-32 ingredienti e viene utilizzato come terreno di crescita per le colture cellulari di pesci e crostacei



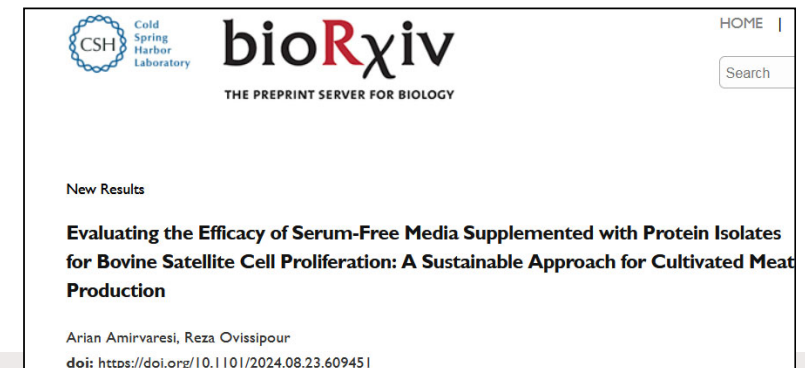
# Riduzione costi di produzione di carne coltivata

- **selezione di ingredienti a costo inferiore \$/L** (possibile ridurre i costi del 99%)
  - ingredienti per uso alimentare e per mangimi
  - cellule ingegnerizzate per ridurre uso di fattori di crescita (es. FGF2)
  - proteine ricombinanti (es. albumina, transferrina, insulina) e AA (es. [da idrolizzati di soia](#))
  - proteine alternative non ricombinanti (es. origine vegetale)
- **utilizzo di meno terreno (g/kg)**
- **nuove formulazioni:** modello metabolico (per crescita efficiente) e ingegnerizzazione per ridurre i rapporti di conversione del mangime e sprechi (lattato e ammonio)
- riciclo di acqua, fattori di crescita, AA o altri metaboliti
- strategie di filiera

# Riduzione costi di produzione di carne coltivata

Ricerca su fonti proteiche alternative e formulazioni di terreni di coltura per supportare la produzione sostenibile ed etica di carne coltivata.

- Start-up californiana Mission Barns
  - nuovo bioreattore per ottimizzare la produzione di carne coltivata: sistema di coltura cellulare che sostituisce la sospensione monocellulare ed adesione cellulare tradizionalmente utilizzati nell'industria farmaceutica
  - elevata produttività per carne o grasso coltivati senza compromettere la raccolta e o modificare le cellule e limitando gli ostacoli associati allo scale-up
- Nuovo studio: potenziale dell'isolato proteico dell'erba medica come componente promettente dei **terreni di coltura privi di siero** per la proliferazione delle cellule satelliti bovine (BSC)



# Altre strategie alternative

---

- risorse energetiche rinnovabili (sole, vento, idroelettrica) ed apparecchiature ad alta efficienza energetica
- fattori di crescita alternativi e/o loro riciclo
- potenziali mimetici dei fattori di crescita con capacità di replicare i fattori FGF-2 e TGF- $\beta$  nel mezzo di coltura
- uso di terreni vegetali (es. a base di soia o colza)
- approccio omico per individuare segnali che promuovono la crescita cellulare
- economia circolare (riciclo, riutilizzo dei materiali)
- uso microalghe come fonte di glucosio (soia free?)
- uso della luce per creare nuove proteine (piattaforma fotomolecolare, Prolific Machines )
- cellule immortalizzate (es. fibroblasti di pollo) che si adattano a un terreno con poco siero o *serum free*
- azienda giapponese CellFiber: struttura a fibra cava che funge da barriera contro lo stress meccanico, incorpora le cellule ed assicura la fornitura di nutrienti e ossigeno sufficienti

# Quale futuro per la carne coltivata?

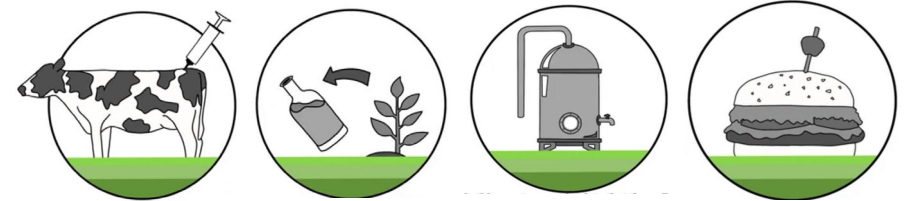
- Germania e UK: quote rilevanti di investimento per la creazione di un centro di competenza sulle proteine future
- Gennaio 2024: programma FEASTS (Fostering European Cellular Agriculture for Sustainable Transition Solution) 3 milioni euro, consorzio di 36 istituzioni indipendenti provenienti da 17 paesi.
  - progetto di ricerca sulla carne e pesce coltivato che esplora il futuro delle proteine
  - ricerca collaborativa a partire dal 2024 per tre anni
  - fornire informazioni comprensive e imparziali sulla produzione di carne coltivata
  - valutare l'aspetto etico, l'impatto sulla salute e l'aspetto nutrizionale
  - comprendere l'impatto multi-dimensionale dell'agricoltura cellulare sull'ambiente e sulla catena alimentare





# Quale futuro per la carne coltivata?

- **decentramento della produzione di carne coltivata:** in alternativa ai grandi impianti c'è la possibilità di produrre carne coltivata in all'interno di aziende agricole convenzionali
- necessaria la combinazione con l'innovazione e riforme dell'agricoltura animale esistente



Source: RESPECTfarms

# Quale futuro per la carne coltivata?

- progetto pilota RESPECTfarms (consorzio e partner) parte di FEASTS e finanziato dai fondi strutturali e di investimento europei
- *Proof of concept* della la prima azienda di carne coltivata al mondo, sostenibile basato su approccio interdisciplinare e condivisione delle conoscenze
- futuro ruolo dell'agricoltura tradizionale nel passaggio verso la sostenibilità attraverso l'integrazione con l'agricoltura cellulare
- coerente con la strategia della UE per la transizione proteica.



# Conclusioni

---

- la carne coltivata costituisce una delle soluzioni proteiche alternative con vantaggi di tipo etico, ambientale e di sicurezza
- la produzione di carne coltivata ancora nelle fasi iniziali ma progressi continui dalla formulazione dei terreni di coltura alle linee cellulari, alternative alle proteine ricombinanti o fattori di crescita che costituiscono le voci di costo maggiori
- necessari studi approfonditi sugli aspetti nutrizionali ed organolettici, rischi di sicurezza alimentare, impatto ambientale e efficienza energetica
- stretta collaborazione tra industria, gruppi di ricerca, mondo accademico e autorità regolatorie
- creazione e condivisione database scientifici
- capacità di penetrazione nel mercato e grado di accettabilità da parte dei consumatori
- l'EFSA ha stimato che non prima di cinque anni sarà possibile completare l'iter autorizzativo in Europa per commercializzare il primo prodotto a base di carne coltivata.