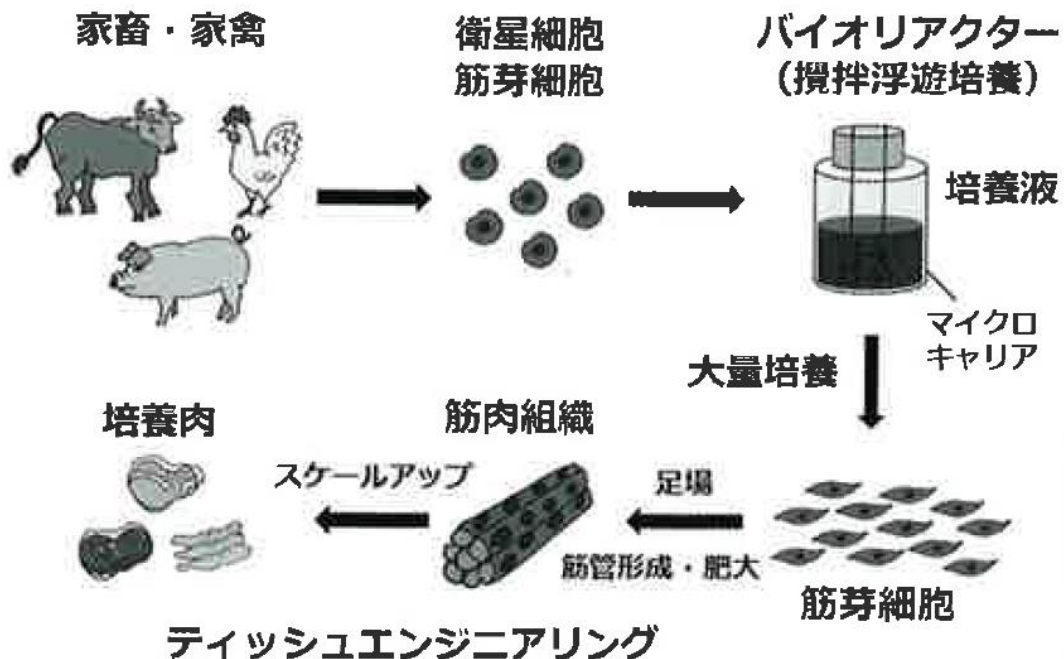


Q：再生医療との共創として『培養肉』が開発されていると聞きましたが、その現状と展望を教えてください。

A：今回は歯科医療からは少し離れますが、『口から食べる』ことに関連した再生医療に関しましてお話ししたいと思います。迫りくる食料危機・タンパク質クライシスに対する解決策として培養肉が注目されている。培養肉の開発は再生医療研究に端を発しており、これまでに再生医療領域で培われてきた細胞培養やティッシュエンジニアリングの知識・技術が利用されており、とくに培養液や細胞足場の原料に関しては新たなブレークスルーが必要である。そこで今回、培養肉開発の現状と必要となる技術についてお話しする。

昨今、代替タンパク質としては大豆肉を代表とする植物由来の代替肉、コオロギなどの昆虫食、有用タンパク質を微生物で生産する精密発酵、細胞培養による培養肉が挙げられるが、本トピックスでは再生医療研究を端緒とする培養肉開発の現状を紹介する。

＝培養肉生産プロセス＝



培養肉の原材料となる細胞ソースに関しては、ウシ、ブタ、ニワトリの筋肉組織を採取・酵素処理し、衛星細胞ないし筋芽細胞を初代培養する。東京女子医科大学先端生命医科学研究所ではウシ類肉（咬筋）より筋芽細胞を採取し通常の平面培養で初代培養し、それを継代培養し約 6.6×10^5 倍まで増幅できる。しかし継代回数とともに増殖率が低下することからより効率的な培養肉の生産のための工夫が必要である。

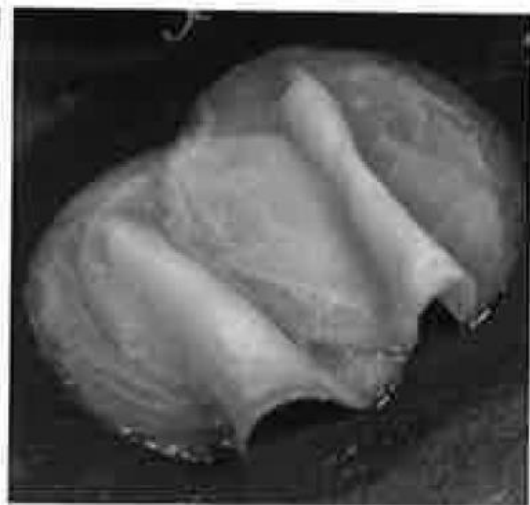
細胞ソースに関しては家畜・家禽のみならず、マグロ、ウナギ、エビ、ホタテ、などの魚介類をターゲットにした開発も進められている。

＝ティーツシュエンジニアリング＝

増幅した細胞から培養肉を作製するには再生医療領域で発展してきた様々なティーツシュエンジニアリングの手法を利用している。国内においてもこれまでにコラーゲン、フィブリンなどのハイドロゲルを細胞足場とした培養肉作製が行われている。ウシ筋芽細胞をハイドロゲルに懸濁して作製したシート状の組織を積層化することで立体的な培養肉を作製したり、バイオプリント技術を用いてウシ筋細胞、脂肪細胞、血管細胞を含む3種類のハイドロゲルファイバーを作製、それらを市販の食肉にも用いられるトランスグルタミナーゼを用いて束ねることで配向性を有した培養肉を作製する研究が報告されている。さらには、細胞足場のない培養肉作製を追及し、モールドを用いてペースト状のウシ筋細胞をトランスグルタミナーゼにより立体形成したり、温度応答性培養皿を用いてウシ筋細胞シートを積層化することで培養肉を作製しているグループもある。



**約 10^9 個のウシ筋芽細胞を
モールド内で形成**



ウシ筋芽細胞シートを10枚積層

培養肉の味、食感の向上には組織の成熟化（筋管形成と融合、筋細胞の肥大、結合組織の増生など）が重要課題と考えられるが、足場の工夫、細胞構成の最適化も考慮していく必要がある。厚みのある培養肉の作製に関しては、再生医療研究で追及されている血管網の付与と灌流培養は必ずしも必要ではないかもしれないが、より美味しい培養肉の生産のために立体組織の成熟化を追求していくべきと考える。

日本では2022年6月に「細胞農業によるサステナブル社会推進議員連盟」が設立され、厚生労働省ならびに内閣府食品安全委員会で研究班が立ち上がり、世界に遅れないようルール作りが行われており、細胞ソースの安全性（遺伝子改変・がん化の有無など）、培養液成分、足場材料の安全性確保などが決められているところである。

最後に、日本では『培養』という文言に対する忌避感が強く、「細胞農業製品」や「細胞性食品」といったネーミングが社会受容性を妨げている。しかし深刻な食糧不足、家畜・家禽生産による環境負荷といった世界的な課題を克服しうる培養肉の安全性に関して正確な情報を発信し、われわれ医療従事者こそ、その普及に貢献していかなければならない。培養肉が今後普及していくよう、われわれも知識を拡げることが肝要と考える。