

Sztuczne mięso czy warto?

II. Dylematy etyczne i technologiczne¹

Wracając do dyskusji na temat produkcji mięsa w laboratorium („PAUza Akademicka” 476 i 491), na początek warto przypomnieć, że w mięsie zwierzęcym poza komórkami mięśniowymi (miocytami) spotykamy liczne komórki tłuszczowe (adipocyty), tkanki łącznej (fibroblasty) i budujące naczynia krwionośne, ponadto cały szereg innych, mniej licznych komórek. Ich udział oraz wzajemne proporcje w poszczególnych partiach tkanki mięśniowej mają wpływ na smakowość i właściwości odżywcze mięsa oraz na technologię przetwórstwa. Natomiast dotychczas wytworzone z komórek macierzystych próbki sztucznego mięsa są monokulturami miocytów. Podejmowane są próby współhodowli np. miocytów z fibroblastami i adipocytami, chociaż dotąd bez większych sukcesów. Próby hodowli fragmentów mięśni także dają mało zadowalające wyniki, z uwagi na problemy ze stymulacją komórek do podziałów i wzrostu. Jak dotąd, najlepsze efekty uzyskano z użyciem izolowanych komórek macierzystych, które dzięki odpowiedniej stymulacji hormonalnej oraz przez oddziaływanie czynników fizycznych, dzielą się i różnicują w miocyty. Komórki macierzyste uzyskuje się od zwierząt po ich zabiciu lub poprzez biopsję. Liczba uzyskanych komórek macierzystych zależy od wielkości pobranej próbki. Komórek macierzystych jest w organizmie zwierzęcym stosunkowo niewiele, a ponadto mają one zaprogramowaną liczbę podziałów, więc w produkcji wielkoskalowej trzeba byłoby sukcesywnie uzyskiwać je od zwierząt dawców. Strona etyczna pobierania komórek macierzystych od zwierząt dawców nie budzi większych zastrzeżeń społecznych, być może dlatego, że wszyscy kojarzą biopsję z pobraniem odrobiny tkanki za pomocą igły do biopsji cienkoigłowej. Niestety, biorąc pod uwagę niewielką liczbę komórek macierzystych w tkankach oraz ich ograniczoną liczbę podziałów, próbka pobrana za pomocą biopsji cienkoigłowej to o wiele za mało dla masowej produkcji sztucznego mięsa. Rozwiązaniem może być albo unieśmiertelnianie komórek poprzez modyfikacje genetyczne, albo pobieranie większych ilości tkanek, w tym wypadku chyba bardziej humanitarnym i racjonalnym rozwiązaniem byłoby uśmiercanie zwierząt niż wycinanie rozległych partii tkanek i zachowanie tak okaleczonych osobników przy życiu. Kwestia uśmiercania zwierząt pozostaje nierozwiązana, ale zmniejszyłaby się liczba zabijanych zwierząt. Komórki macierzyste, poza tkanką mięśniową, mogą być pobierane także z innych tkanek, problemem jest utrzymanie ich przy życiu oraz stymulacja do podziałów i różnicowania w kierunku miocytów *in vitro*. Stworzenie takich warunków wymaga skomplikowanego oprzyrządowania oraz znacznych ilości energii elektrycznej (odpowiednio, 2 i 5 razy więcej prądu niż w chowie drobiu i bydła mlecznego), a także wody i substancji odżyw-

czych. Barię technologiczną trudną do pokonania może okazać się chociażby uzyskanie dużej ilości wysoko oczyszczonych aminokwasów – niezbędnych składników płynów do hodowli komórkowych. Obecnie w skali światowej wytwarza się prawie 2 mln ton aminokwasów rocznie. Część aminokwasów jest produkowana na drodze syntezy chemicznej (np. glicyna i DL-metionina), a część na drodze biotechnologicznej, poprzez trawienie enzymatyczne prostych substratów (np. L-tryptofan, kwas L-asparaginowy) lub fermentację bakteryjną (np. lizyna, kwas L-glutaminowy, treonina, fenyloalanina). Skala produkcji aminokwasów oraz wymagania w odniesieniu do ich czystości będą musiały ulec istotnym zmianom, aby dostosować się do wymagań produkcji sztucznego mięsa. Obecnie większość aminokwasów jest produkowana nie na cele przemysłu farmaceutycznego (medical grade) czy odczynników laboratoryjnych (wymagana dla kultur komórkowych *in vitro*), a jako dodatki paszowe i suplementy diety, potrzebujące o wiele niższej ich czystości (feed grade, food grade). Uzyskanie wysokiej czystości substratów wymaga zastosowania wielu kosztownych technologii ich oczyszczania (np. filtrowania i rozdzielania chromatograficznych), kontroli jakości oraz dużych ilości energii (i oczywiście dużo super-czystej wody). W hodowli miocytów konieczne jest także zastosowanie kilkuprocentowego dodatku surowicy płodowej (najczęściej płodów cieląt). Na wytworzenie sztucznego mięsa na pierwszego hamburgera zużyto około 50 litrów surowicy, co według szacunków wymaga zebrania krwi od 91 do 333 płodów bydłych! Surowica płodowa obfituje w m.in. szereg hormonów, czynników wzrostowych i cytokin, niezbędnych dla stymulacji podziałów i różnicowania miocytów. Dotąd nie udało się znaleźć równie skutecznego stymulatora jak surowice płodowe, ale uzyskanie takiej surowicy wiąże się z zabijaniem płodów. Z drugiej strony, syntetyczne czy uzyskane metodami biotechnologicznymi hormony (np. insulina, hormony tarczycy, hormon wzrostu) i czynniki wzrostowe (np. miogeniny) są dzisiaj niezwykle kosztowne. Wymieniając problemy technologiczne do rozwiązania przed rozpoczęciem wielkoskalowej produkcji sztucznego mięsa, nie wspominam nawet o konieczności zapewnienia rosnącym miocytom odpowiednich warunków fizycznych – mięśnie do wzrostu potrzebują ruchu. Utylizacja metabolitów produkowanych przez miocyty (głównie mleczanu i bardzo toksycznego amoniaku) w organizmie zwierzęcym jest złożonym procesem, a końcowe produkty przemiany materii są usuwane w wydychanym powietrzu (CO₂) i z mocznem (amoniak po przetworzeniu w mocznik). Znaczna część metabolitów może ulec „recyklingowi” w organizmie. W przypadku hodowli *in vitro* utylizacja metabolitów jest kolejnym znaczącym wyzwaniem.

ROMUALD ZABIELSKI, JOANNA ZARZYŃSKA

SGGW

¹ Ważniejsze pozycje literaturowe podano w części I artykułu („PAUza Akademicka” 491).